

SOLID POLYMER ELECTROLYTIC FUEL CELL

Patent Number: JP8180883
Publication date: 1996-07-12
Inventor(s): SHINDO YOSHIHIKO
Applicant(s): FUJI ELECTRIC CO LTD
Requested Patent: JP8180883
Application: JP19940321138
Priority Number(s):
IPC Classification: H01M8/02; H01M8/10
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To provide a miniaturized solid polymer electrolytic fuel cell.

CONSTITUTION: A solid polymer electrolytic fuel cell 1B is formed of a fuel cell 4 using a solid polymer electrolytic film 51, a separator 4 made of a stainless steel thin plate and having a corrugated groove 411 formed in the center part area 41, a fuel gas sealing body 31 formed of a thin plate elastic material, a unit fuel cell 3 using an oxidizing agent gas, a current collecting plate 12, an electric insulating plate 13, pressurizing plates 14, 15 and a sealing body 11 for cooling fluid formed of a thin plate elastic material. In the current collecting plate 12, the electric insulating plate 13 and the pressurizing plates 14, 15, each of the through holes for passing fuel gas, oxidizing agent gas and cooling fluid has the unit fuel cell 3. It is formed in a position opposed to each of the fuel gas passing through hole, the oxidizing agent gas passing through hole and the cooling fluid passing through hole on feeding side or exhausting side.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-180883

(43)公開日 平成8年(1996)7月12日

(51)Int.Cl.⁶
H 0 1 M 8/02

識別記号 B
C
R
S

F I

技術表示箇所

8/10

審査請求 未請求 請求項の数11 O.L (全 32 頁)

(21)出願番号 特願平6-321138

(22)出願日 平成6年(1994)12月26日

(71)出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72)発明者 新藤 義彦

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

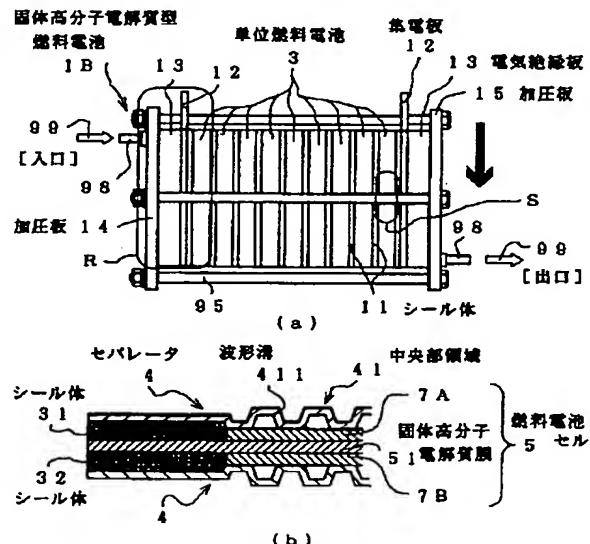
(74)代理人 弁理士 山口 巍

(54)【発明の名称】 固体高分子電解質型燃料電池

(57)【要約】

【目的】小形化された固体高分子電解質型燃料電池を提供する。

【構成】固体高分子電解質型燃料電池1Bは、従来例に対して固体高分子電解質膜51を用いる燃料電池セル5、ステンレス鋼等の薄板材製で、中央部領域41に波形溝411が形成されたセパレータ4、薄板状の弾性材で製作された燃料ガス用のシール体31、酸化剤ガス用のシール体32、を用いた単位燃料電池3と、集電板12、電気絶縁板13、加圧板14、15、薄板状の弾性材で製作された冷却用流体用のシール体11とを用いている。集電板12、電気絶縁板13、加圧板14、15は、従来例に対して、燃料ガス、酸化剤ガス、冷却用流体の通流用の諸貫通穴のそれぞれが、単電池3が備えている、供給側または排出側の、燃料ガス通流用の貫通穴、酸化剤ガス通流用の貫通穴、および、冷却用流体通流用の貫通穴のそれぞれと、対向する部位に形成されていることのみが相異している。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】燃料ガスおよび酸化剤ガスの供給を受けて直流電力を発生するものであって、シート状の固体高分子電解質膜と、この固体高分子電解質膜の両主面のそれぞれに接合されるシート状の燃料電極膜およびシート状の酸化剤電極膜を持つ燃料電池セル、燃料電池セルの両側面のそれぞれに対向させて配置されて、燃料電池セルに燃料ガスまたは酸化剤ガスを供給するための互いに平行する複数の凹状のガス通流用の溝が形成されている燃料ガス用のセパレータおよび酸化剤ガス用のセパレータ、を有する単位燃料電池を複数個備え、単位燃料電池が有する燃料ガス用のセパレータおよび酸化剤ガス用のセパレータのそれぞれは、燃料電池セルに対向する側にそれぞれのガスを通流させるガス通流用の溝が形成されていると共に、燃料電池セルに対向する側に対する反対側に燃料電池セルで発生した熱を除去する冷却用流体を通流させる冷却部が形成されているものであり、これ等の単位燃料電池は、単位燃料電池が、そのセパレータの冷却部側を、互いに隣接する単位燃料電池が有するセパレータの冷却部側に対向させて、隣接する単位燃料電池と互いに積層された単位燃料電池の積層体をなしており、この単位燃料電池の積層体の少なくとも両端末に位置するセパレータの外側面に当接された導電材製の集電板と、これ等の集電板の、少なくとも単位燃料電池の積層体の両端末部に位置する集電板の外側面に当接された電気絶縁材製の電気絶縁板と、これ等の電気絶縁板の、少なくとも単位燃料電池の積層体の両端末部に位置する電気絶縁板の外側面に当接され、単位燃料電池の積層体、集電板、電気絶縁板をこれ等の積層方向に加圧する加圧力を与える加圧板とを備える固体高分子電解質型燃料電池において、少なくとも一方のセパレータは、冷却用流体を通流させる冷却部を、ガス通流用の溝に対して平行する凹状の冷却用流体通流用の溝として形成すると共に、この冷却用流体通流用の溝を、互いに隣接するガス通流用の溝の間に形成されている凸状の隔壁が形成されている部位に入り込ませて設置されてなることを特徴とする固体高分子電解質型燃料電池。

【請求項2】請求項1に記載の固体高分子電解質型燃料電池において、少なくとも一方のセパレータは、冷却用流体通流用の溝を、隣接するガス通流用の溝の間に形成されている凸状の隔壁の全ての部位に入り込ませて設置されてなることを特徴とする固体高分子電解質型燃料電池。

【請求項3】請求項2に記載の固体高分子電解質型燃料電池において、少なくとも一方のセパレータは、冷却用流体通流用の溝の側壁とガス通流用の溝の側壁との間の厚さ寸法を、全ての冷却用流体通流用の溝およびガス通流用の溝におい

2

てほぼ同一寸法としたことを特徴とする固体高分子電解質型燃料電池。

【請求項4】請求項1から3までのいずれかに記載の固体高分子電解質型燃料電池において、少なくとも酸化剤ガス用のセパレータは、表面に形成される不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属材料を用いて製作されてなることを特徴とする固体高分子電解質型燃料電池。

【請求項5】請求項4に記載の固体高分子電解質型燃料電池において、

10 セパレータに用いられる不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属材料は、ステンレス鋼またはチタン合金であることを特徴とする固体高分子電解質型燃料電池。

【請求項6】請求項4または請求項5に記載の固体高分子電解質型燃料電池において、

不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属材料を用いて製作されてなるセパレータは、少なくとも、燃料電池セルが持つ前記セパレータと対向する電極膜、隣接する単位燃料電池が有する前記セパレータと対向し合うセパレータおよび集電板のいずれかと接触し合う部位に対して、この部位に存在する不動態膜を除去した後、貴金属層が形成されてなることを特徴とする固体高分子電解質型燃料電池。

【請求項7】請求項3と4、請求項3から5、および、請求項3から6までのいずれかに記載の固体高分子電解質型燃料電池であって、

30 金属材薄板製でほぼ矩形状の外形をなし、燃料電池セルが持つ燃料電極膜および酸化剤電極膜と対向する部位であり、ガス通流用の溝と冷却用流体通流用の溝とが互いに表裏となる関係で波形に形成されたほぼ矩形状の中央部領域と、中央部領域のそれぞれのガスおよび冷却用流体が流入または流出する一方の端部側に隣接され、平板状でほぼ矩形状をなした一方のマニホールド領域と、中央部領域のそれぞれのガスおよび冷却用流体が流入または流出する他方の端部側に隣接され、平板状でほぼ矩形状をなした他方のマニホールド領域と、中央部領域・一方のマニホールド領域および他方のマニホールド領域の周囲に形成され、一方および他方のマニホールド領域に隣接されるそれぞれの部位に燃料ガス・酸化剤ガスおよび冷却用流体を通流させる貫通穴が形成され、しかも、一方および他方のマニホールド領域と連続した平面をなす平板状の周辺部領域と、を持つ燃料ガス用のセパレータおよび酸化剤ガス用のセパレータと、

燃料ガス用のセパレータとほぼ同一の外形で薄板状をなした弾性材製であって、燃料ガス用のセパレータの燃料電池セル側に配置され、セパレータの中央部領域・一方のマニホールド領域および他方のマニホールド領域に対向する部位に形成された貫通穴領域と、貫通穴領域の周辺部分であって、セパレータに形成されている燃料ガス

・酸化剤ガスおよび冷却用流体を通流させる貫通穴に對向させて形成された貫通穴と、一方のマニホールド領域側の燃料ガス用の貫通穴と貫通穴領域の一方のマニホールド領域に對向する部位との間を連通して形成された切欠溝と、他方のマニホールド領域側の燃料ガス用の貫通穴と貫通穴領域の他方のマニホールド領域に對向する部位との間を連通して形成された切欠溝を持つ周辺部領域、とを有する燃料ガス用のシール体と、

酸化剤ガス用のセパレータとほぼ同一の外形で薄板状をなした弾性材製であって、酸化剤ガス用のセパレータの燃料電池セル側に配置され、セパレータの中央部領域・一方のマニホールド領域および他方のマニホールド領域に對向する部位に形成された貫通穴領域と、貫通穴領域の周辺部分であって、セパレータに形成されている燃料ガス・酸化剤ガスおよび冷却用流体を通流させる貫通穴に對向させて形成された貫通穴と、一方のマニホールド領域側の酸化剤ガス用の貫通穴と貫通穴領域の一方のマニホールド領域に對向する部位との間を連通して形成された切欠溝と、他方のマニホールド領域側の酸化剤ガス用の貫通穴と貫通穴領域の他方のマニホールド領域に對向する部位との間を連通して形成された切欠溝を持つ周辺部領域、とを有する酸化剤ガス用のシール体と、を備えたほぼ矩形状の外形をなした単位燃料電池の複数個と、

互いに隣接し合う単位燃料電池の間に介挿され、セパレータとほぼ同一の外形で薄板状をなした弾性材製であって、セパレータの中央部領域・一方のマニホールド領域および他方のマニホールド領域に對向する部位に形成された貫通穴領域と、貫通穴領域の周辺部分であって、セパレータに形成されている燃料ガス・酸化剤ガスおよび冷却用流体を通流させる貫通穴に對向させて形成された貫通穴と、一方のマニホールド領域側の冷却用流体用の貫通穴と貫通穴領域の一方のマニホールド領域に對向する部位との間を連通して形成された切欠溝と、他方のマニホールド領域側の冷却用流体用の貫通穴と貫通穴領域の他方のマニホールド領域に對向する部位との間を連通して形成された切欠溝を持つ周辺部領域、とを有する冷却用流体用のシール体と、

を備える固体高分子電解質型燃料電池において、

セパレータの一方および他方のマニホールド領域のガスが通流される側の側面に、セパレータの波形に形成された冷却用流体通流用の溝およびガス通流用の溝の波形をなしている部分のガスが通流される側の最高突出高さ寸法と、燃料電池セルが持つ燃料電極膜または酸化剤電極膜の厚さ寸法との和と同等の厚さ寸法を有し、ガスを通過させる複数の流路を有する保持体を、マニホールド領域のガスが通流する方向に対して直角となる方向のほぼ全幅にわたり備えることを特徴とする固体高分子電解質型燃料電池。

【請求項8】請求項3と4、請求項3から5、および、

請求項3から6までのいずれかに記載の固体高分子電解質型燃料電池であって、

金属材薄板製でほぼ矩形状の外形をなし、燃料電池セルが持つ燃料電極膜および酸化剤電極膜と對向する部位であり、ガス通流用の溝と冷却用流体通流用の溝とが互いに表裏となる関係で波形に形成されたほぼ矩形状の中央部領域と、中央部領域のそれぞれのガスおよび冷却用流体が流入または流出する一方の端部側に隣接され、平板状でほぼ矩形状をなした一方のマニホールド領域と、中央部領域のそれぞれのガスおよび冷却用流体が流入または流出する他方の端部側に隣接され、平板状でほぼ矩形状をなした他方のマニホールド領域と、中央部領域・一方のマニホールド領域および他方のマニホールド領域の周囲に形成され、一方および他方のマニホールド領域に隣接されるそれぞれの部位に燃料ガス・酸化剤ガスおよび冷却用流体を通流させる貫通穴が形成され、しかも、一方および他方のマニホールド領域と連続した平面をなす平板状の周辺部領域と、を持つ燃料ガス用のセパレータおよび酸化剤ガス用のセパレータと、

20 燃料ガス用のセパレータとほぼ同一の外形で薄板状をなした弾性材製であって、燃料ガス用のセパレータの燃料電池セル側に配置され、セパレータの中央部領域・一方のマニホールド領域および他方のマニホールド領域に對向する部位に形成された貫通穴領域と、貫通穴領域の周辺部分であって、セパレータに形成されている燃料ガス・酸化剤ガスおよび冷却用流体を通流させる貫通穴に對向させて形成された貫通穴と、一方のマニホールド領域側の燃料ガス用の貫通穴と貫通穴領域の一方のマニホールド領域に對向する部位との間を連通して形成された切欠溝と、他方のマニホールド領域側の燃料ガス用の貫通穴と貫通穴領域の他方のマニホールド領域に對向する部位との間を連通して形成された切欠溝を持つ周辺部領域、とを有する燃料ガス用のシール体と、

酸化剤ガス用のセパレータとほぼ同一の外形で薄板状をなした弾性材製であって、酸化剤ガス用のセパレータの燃料電池セル側に配置され、セパレータの中央部領域・一方のマニホールド領域および他方のマニホールド領域に對向する部位に形成された貫通穴領域と、貫通穴領域の周辺部分であって、セパレータに形成されている燃料ガス・酸化剤ガスおよび冷却用流体を通流させる貫通穴に對向させて形成された貫通穴と、一方のマニホールド領域側の酸化剤ガス用の貫通穴と貫通穴領域の一方のマニホールド領域に對向する部位との間を連通して形成された切欠溝と、他方のマニホールド領域側の酸化剤ガス用の貫通穴と貫通穴領域の他方のマニホールド領域に對向する部位との間を連通して形成された切欠溝を持つ周辺部領域、とを有する酸化剤ガス用のシール体と、

40 を備えたほぼ矩形状の外形をなした単位燃料電池の複数個と、

互いに隣接し合う単位燃料電池の間に介挿され、セパレータとほぼ同一の外形で薄板状をなした弾性材製であって、セパレータの中央部領域・一方のマニホールド領域および他方のマニホールド領域に對向する部位に形成された貫通穴領域と、貫通穴領域の周辺部分であって、セパレータに形成されている燃料ガス・酸化剤ガスおよび冷却用流体を通流させる貫通穴に對向させて形成された貫通穴と、一方のマニホールド領域側の燃料ガス用の貫通穴と貫通穴領域の一方のマニホールド領域に對向する部位との間を連通して形成された切欠溝と、他方のマニホールド領域側の燃料ガス用の貫通穴と貫通穴領域の他方のマニホールド領域に對向する部位との間を連通して形成された切欠溝と、互いに隣接し合う単位燃料電池の間に介挿され、セパレータとほぼ同一の外形で薄板状をなした弾性材製であって、酸化剤ガス用のセパレータの燃料電池セル側に配置され、セパレータの中央部領域・一方のマニホールド領域および他方のマニホールド領域に對向する部位に形成された貫通穴領域と、貫通穴領域の周辺部分であって、セパレータに形成されている燃料ガス・酸化剤ガスおよび冷却用流体を通流させる貫通穴に對向させて形成された貫通穴と、一方のマニホールド領域側の酸化剤ガス用の貫通穴と貫通穴領域の一方のマニホールド領域に對向する部位との間を連通して形成された切欠溝と、他方のマニホールド領域側の酸化剤ガス用の貫通穴と貫通穴領域の他方のマニホールド領域に對向する部位との間を連通して形成された切欠溝を持つ周辺部領域、とを有する酸化剤ガス用のシール体と、

を備えたほぼ矩形状の外形をなした単位燃料電池の複数個と、

50 互いに隣接し合う単位燃料電池の間に介挿され、セパレ

ータとほぼ同一の外形で薄板状をなした弾性材製であつて、セパレータの中央部領域・一方のマニホールド領域および他方のマニホールド領域に對向する部位に形成された貫通穴領域と、貫通穴領域の周辺部分であつて、セパレータに形成されている燃料ガス・酸化剤ガスおよび冷却用流体を通流させる貫通穴に對向させて形成された貫通穴と、一方のマニホールド領域側の冷却用流体用の貫通穴と貫通穴領域の一方のマニホールド領域に對向する部位との間を連通して形成された切欠溝と、他方のマニホールド領域側の冷却用流体用の貫通穴と貫通穴領域の他方のマニホールド領域に對向する部位との間を連通して形成された切欠溝を持つ周辺部領域、とを有する冷却用流体用のシール体と、
を備える固体高分子電解質型燃料電池において、
セパレータの一方および他方のマニホールド領域の冷却用流体が通流される側の側面に、セパレータの波形に形成された冷却用流体通流用の溝およびガス通流用の溝の、波形をなしている部分の冷却用流体が通流される側の最高突出高さ寸法と同等の厚さ寸法を有し、冷却用流体を通流させる複数の流路を有する保持体を、マニホールド領域の冷却用流体が通流する方向に対して直角となる方向のほぼ全幅にわたり備えることを特徴とする固体高分子電解質型燃料電池。

【請求項9】請求項7または8に記載の固体高分子電解質型燃料電池において、
保持体は、セパレータのマニホールド領域に、セパレータと一体に形成されてなることを特徴とする固体高分子電解質型燃料電池。

【請求項10】請求項7から9までのいずれかに記載の固体高分子電解質型燃料電池において、
保持体は、その流路を、それぞれのシール体が持つ、貫通穴と貫通穴領域のマニホールド領域に對向する部位との間を連通してなる切欠溝に関して、この切欠溝が形成されている部位とは合致しない位置に形成されてなることを特徴とする固体高分子電解質型燃料電池。

【請求項11】請求項7から10までのいずれかに記載の固体高分子電解質型燃料電池であつて、
それぞれのシール体が持つ、貫通穴と貫通穴領域のマニホールド領域に對向する部位との間を連通してなる切欠溝が形成された部位に接着され、セパレータの貫通穴が形成されている周辺部領域のガスが通流される側の側面と、燃料電池セルが持つ固体高分子電解質膜の正面との間、および、セパレータの貫通穴が形成されている周辺部領域の冷却用流体が通流される側の、互いに隣接するセパレータの側面の相互間、を保持する保持体を備える固体高分子電解質型燃料電池において、
切欠溝に備えられる保持体は、セパレータの周辺部領域に、セパレータと一体に形成されてなることを特徴とする固体高分子電解質型燃料電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、小形化されるように改良された固体高分子電解質型燃料電池の構造に関する。

【0002】

【従来の技術】燃料電池は水素と酸素とを利用して直流電力を発生する一種の発電装置であり、すでによく知られているとおり、他のエネルギー機関と比較して、電気エネルギーへの変換効率が高く、しかも、炭酸ガスや空素酸化物等の大気汚染物質の排出量が少ないとから、いわゆるクリーン・エネルギー源として期待されている。この燃料電池としては、使用される電解質の種類により、固体高分子電解質型、りん酸型、溶融炭酸塩型、固体酸化物型などの各種の燃料電池が知られている。

【0003】近年、内燃機関と比較して、燃料電池は、排気ガスによる大気汚染度が低いこと、運転時の発生音が小さいこと等の大きな特徴を持つことから、燃料電池を自動車等の車両の駆動に用いる駆動用電動機用の車載電源として利用することが考えられるようになってきている。燃料電池を車載電源として利用する際には、電源システムが可能な限り小形であることが望ましく、このような観点から、各種の燃料電池の内でも固体高分子電解質型燃料電池が注目されるようになってきている。

【0004】固体高分子電解質型燃料電池は、分子中にプロトン（水素イオン）交換基を有する高分子樹脂膜を飽和に含水させると、低い抵抗率を示してプロトン導電性電解質として機能することを利用した燃料電池である。この分子中にプロトン交換基を有する高分子樹脂膜（以降、固体高分子電解質膜または単にPE膜と略称することがある。）としては、パーカルオロスルホン酸樹脂膜（例えば、米国のデュポン社製、商品名ナフィオン膜）を代表とするフッ素系イオン交換樹脂膜が現時点では著名であるが、この他に、炭酸水素系イオン交換樹脂膜、複合膜等が用いられている。これ等の固体高分子電解質膜（PE膜）は、飽和に含水されることにより、常温で20 [Ω·cm] 以下の抵抗率を示し、いずれも、プロトン導電性電解質として機能する膜である。

【0005】まず、従来例の固体高分子電解質型燃料電池が備える単位燃料電池を、図28～図30を用いて説明する。ここで、図28は、従来例の固体高分子電解質型燃料電池が備える単位燃料電池を展開した状態で模式的に示した要部の側面断面図であり、図29は、図28に示した単位燃料電池を展開した状態で模式的に示した斜視図であり、図30は、単位燃料電池が有するセパレータを図28におけるP矢方向から見た図である。

【0006】図28～図30において、6は、燃料電池セル7と、その両正面のそれぞれに對向させて配置されたセパレータ61、62とで構成された単位燃料電池（以降、単電池と略称することがある。）である。燃料電池セル7は、シート状の固体高分子電解質膜7Cと、

シート状の燃料電極膜（アノード極でもある。）7 Aと、酸化剤電極膜（カソード極でもある。）7 Bとで構成され、直流電力を発生する。固体高分子電解質膜7 Cには、前記のPE膜が用いられている。このPE膜7 Cは、0.1 [mm]程度の厚さ寸法と、電極膜7 A, 7 Bの面方向の外形寸法よりも大きい面方向の外形寸法を持つものであり、従って、電極膜7 A, 7 Bの周辺部には、PE膜7 Cの端部との間にPE膜7 Cの露出面が存在することになる。

【0007】燃料電極膜7 Aは、PE膜7 Cの一方の主面に密接されて積層されて、燃料ガス（例えば、水素あるいは水素を高濃度に含んだガスである。）の供給を受ける電極膜である。また、酸化剤電極膜7 Bは、PE膜7 Cの他方の主面に密接されて積層されて、酸化剤ガス（例えば、空気である。）の供給を受ける電極膜である。燃料電極膜7 Aの外側面が、燃料電池セル7の一方の側面7 aであり、酸化剤電極膜7 Bの外側面が、燃料電池セル7の他方の側面7 bである。燃料電極膜7 Aおよび酸化剤電極膜7 Bは共に、触媒活性物質を含む触媒層と電極基材とを備えて構成されており、前記の触媒層側でPE膜7 Cの両主面にホットプレスにより密着させるのが一般である。電極基材は、触媒層を支持すると共に反応ガス（以降、燃料ガスと酸化剤ガスを総称してこのように言うことがある。）を供給および排出すると共に、集電体としての機能を有する多孔質のシート（使用材料としては、例えば、カーボンペーパーが用いられる。）である。触媒層は、多くの場合に、微小な粒子状の白金触媒とはっ水性を有するフッ素樹脂から形成されており、しかも層内に多数の細孔が形成されるようになることで、反応ガスに対して広い面積で接触が可能であるように配慮されているものである。

【0008】燃料電極膜7 A、酸化剤電極膜7 Bに反応ガスが供給されると、それぞれの電極膜7 A, 7 Bに備えられた触媒層と、PE膜7 Cとの界面に、気相（燃料ガスまたは酸化剤ガス）・液相（固体高分子電解質）・固相（燃料電極膜、酸化剤電極膜が持つ触媒）の三相界面が形成され、電気化学反応を生じさせることで直流電力を発生させている。なお、触媒層は多くの場合に、微小な粒子状の白金触媒とはっ水性を有するフッ素樹脂とから形成されており、しかも層内に多数の細孔が形成されるようになることで、反応ガスの三相界面までの効率的な拡散を維持すると共に、十分広い面積の三相界面が形成されるよう構成されている。

【0009】この三相界面では、次記する電気化学反応が生じる。まず、燃料電極膜7 A側では（1）式による反応が起こる。

【0010】

【化1】

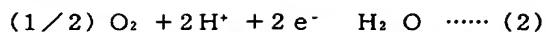


また、酸化剤電極膜7 B側では（2）式による反応が起

こる。

【0011】

【化2】



すなわち、この反応の結果、燃料電極膜7 Aで生成されたH⁺イオン（プロトン）は、PE膜7 C中を酸化剤電極膜7 Bに向かって移動し、また、電子（e⁻）は、固体高分子電解質型燃料電池の図示しない負荷を通じて酸化剤電極膜7 Bに移動する。一方、酸化剤電極膜7 Bでは、酸化剤ガス中に含有される酸素と、PE膜7 C中を燃料電極膜7 Aから移動してきたH⁺イオンと、負荷装置9を通じて移動してきた電子とが反応し、H₂O（水蒸気）が生成される。かくして、固体高分子電解質型燃料電池は、水素と酸素とを得て直流電力を発生し、そして、副生物としてH₂O（水蒸気）を生成している。

【0012】前記の機能を備える燃料電池セル7の厚さ寸法は、多くの場合に1 [mm]前後程度あるいはそれ以下であり、燃料電池セル7においてPE膜7 Cは、燃料ガスと酸化剤ガスとの混合を防止するための、シール用膜の役目も兼ねていることになる。ところで、PE膜7 Cの露出面に形成されている貫通穴7 1は、セパレータ6 1に設けられている貫通穴6 1 5 A, 6 1 6 A、および、セパレータ6 2に設けられている貫通穴6 2 5 A, 6 2 6 Aに対向させて形成されており、反応ガスの通流路の一部をなす穴である。同じくPE膜7 Cの露出面に形成されている貫通穴7 2は、セパレータ6 1に設けられている貫通穴6 1 3 B, 6 1 4 B、および、セパレータ6 2に設けられている貫通穴6 2 3 B, 6 2 4 Bに対向させて形成されており、後記する冷却用流体9 9の通流路の一部をなす穴である。

【0013】また、セパレータ6 1とセパレータ6 2は、燃料電池セル7に反応ガスを供給すると共に、燃料電池セル7で発生された直流電力の燃料電池セル7からの取り出し、および、直流電力の発生に関連して燃料電池セル7で発生した熱を燃料電池セル7から除去する役目を担うものである。セパレータ6 1は、その側面6 1 aを燃料電池セル7の側面7 aに密接させて、また、セパレータ6 2は、その側面6 2 aを燃料電池セル7の側面7 bに密接させて、それぞれ燃料電池セル7を挟むようにして配設されている。セパレータ6 1, 6 2は共に、ガスを透過せず、かつ、良好な熱伝導性と良好な電気伝導性を備え、しかも、生成水を汚損させることの無い材料（例えば炭素系の材料が使用されている。）を用いて製作されている。

【0014】セパレータ6 1, 6 2には、燃料電池セル7に反応ガスを供給する手段として、それぞれガス通流用の溝が備えられている。すなわち、セパレータ6 1は、燃料電池セル7の側面7 aに接する側面6 1 a側に、燃料ガスを通流させると共に、未消費の水素を含む燃料ガスを排出するための間隔を設けて複数個設けられ

た凹状の溝（ガス通流用の溝）611Aと、この溝611A間に介在する凸状の隔壁612Aとが、互いに交互に形成されている。セパレータ62は、燃料電池セル7の側面7aに接する側面62a側に、酸化剤ガスを通流させると共に、未消費の酸素を含む酸化剤ガスを排出するための間隔を設けて複数個設けられた凹状の溝（ガス通流用の溝）621Aと、この溝621A間に介在する凸状の隔壁622Aとが、互いに交互に形成されている。なお、凸状の隔壁612A、622Aの頂部は、それぞれ、セパレータ61、62のそれぞれの側面61a、62aと同一面になるように形成されている。

【0015】セパレータ62のそれぞれの溝621Aの両端部は、これ等の溝621Aが互いに並列になって溝624A、624Aに連通されている。この溝624A、624Aの端部には、側面62aとは反対側となる側面62b側に開口する1対の貫通穴625A、625Aが形成されている。また、セパレータ62には、側面62aと側面62bとを結ぶ1対の貫通穴626A、626Aが、図30中に示すように、1対の貫通穴625A、625Aとは互いにたすき掛けの位置関係となる部位に形成されている。溝621A、溝624A、貫通穴625Aは、セパレータ62における酸化剤ガスを通流させるためのガス通流路を構成している。

【0016】また、セパレータ61にも、貫通穴615A、615Aと貫通穴616A、616Aが形成されている。すなわち、セパレータ61のそれぞれの溝611Aの両端部は、これ等の溝611Aが互いに並列になって、セパレータ62の場合の溝624A、624Aと同様形状の溝に連通されている。貫通穴615A、615Aは、この溝（624Aと同様形状の溝である。）の端部から、側面61aとは反対側となる側面61b側に開口されている。貫通穴616A、616Aは、側面61aと側面61bとを結んで、セパレータ62における貫通穴625Aと貫通穴626Aと同様の位置関係で、図29中に示すように、1対の貫通穴615A、615Aとは互いにたすき掛けの位置関係となる部位に形成されている。溝611A、前記の溝（624Aと同様形状の溝である。）、貫通穴615Aは、セパレータ61における燃料ガスを通流させるためのガス通流路を構成している。

【0017】さらに、73は、前記したガス通流路中を通流する反応ガスが、ガス通流路外に漏れ出るのを防止する役目を負う弾性材製のガスシール体（例えば、Oリングである。）である。ガスシール体73は、それぞれのセパレータ61、62の溝611A、624Aと同様形状の溝、および、溝621A、624Aが形成された部位の周縁部に形成された凹形状の溝619、629中に収納されて配置されている。なお、図示するのは省略したが、セパレータ61が持つ貫通穴615A、616Aの側面61bへのそれぞれの開口部と、616Aの側

面61aへのそれぞれの開口部を取り巻いて、また、セパレータ62が持つ貫通穴625A、626Aの側面62bへのそれぞれの開口部と、626Aの側面62aへのそれぞれの開口部を取り巻いて、反応ガスがこの部位からガス通流路外に漏れ出るのを防止する役目を負う弾性材製のガスシール体（例えば、Oリングである。）を収納するための凹形状の溝が形成されている。

- 【0018】セパレータ61、62には、燃料電池セル7で発生した熱を燃料電池セル7から除去するための冷却部として、冷却用流体99を通流させる溝が備えられている。すなわち、セパレータ62は、その側面62bに冷却用流体99を通流させる凹状の溝（冷却用流体通流用の溝）621Bが2個形成されている。それぞれの溝621Bの両端部には、側面62bに開口する1対の貫通穴623B、624Bが形成されている。溝621B、貫通穴623B、624Bは、セパレータ62における冷却用流体を通流させる冷却部を構成している。また、セパレータ61にも、セパレータ62と同様に、その側面61bに、冷却用流体99を通流させる凹状の溝（冷却用流体通流用の溝）611Bが2個形成されている。それぞれの溝611Bの両端部には、側面61bに開口する1対の貫通穴613B、614Bが形成されている。溝611B、貫通穴613B、614Bは、セパレータ61における冷却用流体を通流させる冷却部を構成している。
- 【0019】セパレータ61の側面61b、セパレータ62の側面62bには、溝611B、621Bを取り巻いて、凹形状の溝618B、628Bがそれぞれ形成されている。これ等の凹形状の溝は、冷却用流体99が漏れ出るのを防止するための、弾性材製のシール体（例えば、Oリングである。）を収納するためのものである。なお、図示するのは省略したが、セパレータ61が持つ貫通穴613B、614Bの側面61aへのそれぞれの開口部を取り巻いて、また、セパレータ62が持つ貫通穴623B、624Bの側面62aへのそれぞれの開口部を取り巻いて、冷却用流体99がこの部位から冷却部外に漏れ出るのを防止する役目を負う弾性材製のシール体（例えば、Oリングである。）を収納するための凹形状の溝が形成されている。
- 【0020】1個の燃料電池セル7が発生する電圧は、1[V]程度以下と低い値であるので、前記した構成を持つ単電池6の複数個（数十個から数百個が多い。）を、燃料電池セル7の発生電圧が互いに直列接続されるように積層した単位燃料電池の積層体として構成し、電圧を高めて実用に供されるのが一般である。図31は、従来例の固体高分子電解質型燃料電池を模式的に示した要部の構成図で、(a)はその側面図であり、(b)はその上面図である。図32は、図31中に示した固体高分子電解質型燃料電池に与える冷却用流体の通流路を説明する説明図である。図31、図32中には、

11

図28～図30で付した符号については、代表的な符号のみを記した。

【0021】図31、図32において、9は、複数(図31では、単電池6の個数が8個である場合を例示した。)の単電池6を積層して構成された、単電池6の積層体を主体とした固体高分子電解質型燃料電池(以降、スタックと略称することがある。)である。スタック9は、単電池6の積層体の両端部に、単電池6で発生した直流電力をスタック9から取り出すため、銅材等の導電材製の集電板91、91と、単電池6、集電板91を構造体から電気的に絶縁するための電気絶縁材製の電気絶縁板92、92と、両電気絶縁板92の両外側面に配設される鉄材等の金属製の加圧板93、94とを順次積層し、加圧板93、94にその両外側面側から複数の締付けボルト95により適度の加圧力を与えるようにして構成されている。互いに隣接する単電池6において、セパレータ61に形成された貫通穴615Aとセパレータ62に形成された貫通穴626Aとは、また、セパレータ61に形成された貫通穴616Aと、セパレータ62に形成された貫通穴625Aとは、互いにその開口部位を合致させて形成されている。また、集電板91、電気絶縁板92、加圧板93の、セパレータ61が備えている貫通穴615A、616Aと対向する部位には、それぞれ図示しない貫通穴が形成されている。また、集電板91、電気絶縁板92、加圧板94の、セパレータ62が備えている貫通穴625A、626Aと対向する部位にも、それぞれ図示しない貫通穴が形成されている。これ等により、複数の単電池6を積層する際に、全部の単電池6がそれぞれに持つ燃料ガス用のガス通流路および酸化剤ガス用のガス通流路は、それぞれが互いに連通したガス通流路を形成している。

【0022】また、互いに隣接する単電池6において、セパレータ61に形成された貫通穴613Bとセパレータ62に形成された貫通穴623Bと、および、セパレータ61に形成された貫通穴614Bとセパレータ62に形成された貫通穴624Bとは、互いにその開口部位を合致させて形成されている。また、集電板91、電気絶縁板92、加圧板93の、セパレータ61が備えている貫通穴613Bと対向する部位には、それぞれ、貫通穴613Bと同形の図示しない貫通穴が形成されている。そして、加圧板93のスタック9の外側面となる側面には、それぞれの貫通穴に対向させて、冷却用流体用の配管接続体98が装着されている。また、電気絶縁板92の両側面の貫通穴の開口部、および、加圧板93の配管接続体98が装着される側面の、貫通穴の開口部のそれぞれには、貫通穴を取り巻いて、凹形状の溝が形成されている。それぞれの溝には、冷却用流体99がこれ等の部位から冷却部外に漏れ出るのを防止する役目を負う図示しない弹性材製のシール体(例えば、Oリングである。)が装着される。なお、セパレータ61に形成

50

12

されているそれぞれの溝618Bにも、図示しないシール体が装着されている。

【0023】さらに、集電板91、電気絶縁板92、加圧板94の、セパレータ62が備えている貫通穴623Bと対向する部位にも、集電板91、電気絶縁板92、加圧板93の場合と同様に、図示しない貫通穴、溝が形成されている。また、加圧板94のスタック9の外側面となる側面には、それぞれの貫通穴に対向させて、冷却用流体99用の配管接続体98が装着されている。それ

10 ぞれの溝には図示しないシール体が、また、セパレータ62に形成されているそれぞれの溝628Bにも図示しないシール体が装着される。

【0024】かくして、これ等により、複数の単電池6を積層する際に、単電池6等がそれぞれに持つ冷却用流体99の通流路は、図32中に示したようにして互いに連通されて構成されることになる。すなわち、冷却用流体99は、配管接続体98等を介して集電板91に隣接する単電池6が持つ、セパレータ61に形成された一方の溝611Bにまず流入する。そして、貫通穴613B、623Bを介してそれぞれの単電池6が持つ一方の溝611B、621B中を分流して流れ、貫通穴614B、624B等を介して、加圧板94に装着された配管接続体98からスタック9の外部にいったん流れ出る。この流れ出た冷却用流体99は、配管97中を流れ、加圧板94に装着され、貫通穴624Bに接続されている配管接続体98から、再びスタック9に流れ込む。この冷却用流体99は、集電板91に隣接する単電池6が持つ、セパレータ62に形成された他方の溝621Bにまず流入する。そして、貫通穴614B、624Bを介してそれぞれの単電池6が持つ他方の溝611B、621B中を分流して流れ、貫通穴613B、623B等を介して、加圧板93に装着された配管接続体98からスタック9の外部に排出される。

【0025】締付けボルト95は、加圧板93、94に跨がって装着される六角ボルト等であり、それぞれの締付けボルト95は、これ等と嵌め合わされる六角ナット等と、安定した加圧力を与えるための皿ばね等と協同して、単電池6をその積層方向に加圧する。この締付けボルト95が単電池6を加圧する加圧力は、燃料電池セル7の見掛けの表面積あたりで、5 [kg/cm²] 内外程度であるのが一般である。

【0026】このように構成されたスタック9において、燃料電池セル7に供給される反応ガスは、それぞれのセパレータ61、62に形成されたガス通流用の溝611A、621A中を、図31(a)中に矢印で示したごとく、その供給側を重力方向に対して上側に、その排出側を重力方向に対して下側になるように配置されるのが一般である。これは、燃料電池セル7においては、前記したように、発電時の副生物として水蒸気が生成されるが、この水蒸気のために、下流側の反応ガスほど多量

に水蒸気が含有されることとなり、この結果、排出端付近の反応ガスでは過飽和に相当する水蒸気が凝結して液体状態の水として存在することとなる可能性が有るためである。反応ガスの供給側を重力方向に対して上側に、反応ガスの排出側を重力方向に対して下側になるように配置することで、凝結した水は、反応ガス通流用の溝6 1 1 A, 6 2 1 A中を重力により自力で流下できるので、それぞれの単位燃料電池装置5からの凝結した水の除去が容易になるのである。

【0027】しかも、反応ガスは、複数個有る単電池6に関してはそれぞれ並列に供給されることになる。そして、燃料電池セル7に使用されているPE膜7Cは、前述したとおりに飽和に含水させることにより良好なプロトン導電性電解質として機能する膜であるので、反応ガスは、適度の値の湿度状態に調整されてスタック9に供給されている。

【0028】ところで、燃料電池セル7で行われる前記の(1)式、(2)式で記述した電気化学反応は、発熱反応である。従って、燃料電池セル7で(1)式、(2)式による電気化学反応によって発電を行う際には、発生される直流電力値とほぼ同等値の熱が発生することも避けられないものである。この損失による熱を除去するためにスタック9に供給されるのが、例えば、市水である冷却用流体99である。単電池6では、この冷却用流体99が、セパレータ61, 62に形成された溝6 1 1 B, 6 2 1 B中を前述したように通流することで、燃料電池セル7は、セパレータ61, 62を介して冷却される。燃料電池セル7は、これにより、50 [°C]から100 [°C]程度の温度条件で運転されるのが一般である。

【0029】なお、セパレータ61, 62がそれぞれ備える冷却用流体99を通流させる溝6 1 1 B, 6 2 1 Bは、2個であるとして今まで説明してきたが、この溝6 1 1 B, 6 2 1 Bの個数は、1個の単電池6で発生する発電電力値に対応させて適切な個数に設定されるものであり、従って、3個以上の溝6 1 1 B, 6 2 1 Bが備えられたセパレータも知られている。

【0030】

【発明が解決しようとする課題】前述した従来技術による固体高分子電解質型燃料電池(スタック)においては、燃料電池セル7がセパレータを介して冷却用流体99により冷却され、スタックの運転にとって適温に保持されることで、直流発電装置としての機能を十分に発揮するのであるが、次記することが問題になっている。すなわち、①セパレータの構造は、反応ガス通流用の溝6 1 1 A, 6 2 1 Aと、冷却用流体通流用の溝6 1 1 B, 6 2 1 Bとが、図28に示したごとく、中間層を間に挟んでセパレータの厚さ方向に直列に形成されているので、セパレータの厚さ方向の寸法(図28中にT₀として示した。)がどうしても厚いものとなっている。この

ために、スタックの長さが長大になると、複数のスタックに分割して構成しなければならなくなり、結果として、固体高分子電解質型燃料電池の小形化を制約することになっている。また、②大容量、従って、大面積の燃料電池セル7を用いるスタックにおいては、セパレータを炭素材を用いて製作したとすると、炭素材が機械的に脆弱であるために、厚いセパレータを用いない限り、スタックを締付けボルト95によって加圧した際に、セパレータに亀裂が発生し反応ガスのリークが発生し易いことになる。これを避けて、炭素材に替えて金属材によって製造されたセパレータを用いることも試みられることがある。しかし、固体高分子電解質型燃料電池では、電気化学反応を用いて発電する際に、前記したごとく、酸素電極側に水蒸気が副生物として必ず生成されるものである。生成された水蒸気が含有されて過飽和状態となつた反応ガスからは、液状の水が生成されるので、反応ガスが通流する溝6 1 1 A, 6 2 1 A、電極膜7A、電極膜7Bには、液状水が存在することになる。(前記した理由から、酸素電極側である溝6 2 1 A、電極膜7Bの場合が顕著である。)

金属材製のセパレータを構成する金属が、この液状水に溶け込み、液状水をイオン化することにより、燃料電池セル7の電気化学反応度を低下させたり、スタックの漏れ電流を増大させることにより、長期間運転後のスタックの発電性能を低下させる懸念を有することになる。従って、金属製セパレータの採用は簡単には行うことができないものであり、この点からも、固体高分子電解質型燃料電池の小形化が制約されることになっていた。

【0031】この発明は、前述の従来技術の問題点に鑑みなされたものであり、その目的は、小形化された固体高分子電解質型燃料電池を提供することにある。

【0032】

【課題を解決するための手段】この発明では前述の目的は、

1) 燃料ガスおよび酸化剤ガスの供給を受けて直流電力を発生するものであって、シート状の固体高分子電解質膜と、この固体高分子電解質膜の両主面のそれぞれに接合されるシート状の燃料電極膜およびシート状の酸化剤電極膜を持つ燃料電池セル、燃料電池セルの両側面のそれぞれに対向させて配置されて、燃料電池セルに燃料ガスまたは酸化剤ガスを供給するための互いに平行する複数の凹状のガス通流用の溝が形成されている燃料ガス用のセパレータおよび酸化剤ガス用のセパレータ、を有する単位燃料電池を複数個備え、単位燃料電池が有する燃料ガス用のセパレータおよび酸化剤ガス用のセパレータのそれぞれは、燃料電池セルに対向する側にそれぞれのガスを通流させるガス通流用の溝が形成されていると共に、燃料電池セルに対向する側に対する反対側に燃料電池セルで発生した熱を除去する冷却用流体を通流させる冷却部が形成されているものであり、これ等の単位燃

料電池は、単位燃料電池が、そのセパレータの冷却部側を、互いに隣接する単位燃料電池が有するセパレータの冷却部側に対向させて、隣接する単位燃料電池と互いに積層された単位燃料電池の積層体をなしており、この単位燃料電池の積層体の少なくとも両端末に位置するセパレータの外側面に当接された導電材製の集電板と、これ等の集電板の、少なくとも単位燃料電池の積層体の両端末部に位置する集電板の外側面に当接された電気絶縁材製の電気絶縁板と、これ等の電気絶縁板の、少なくとも単位燃料電池の積層体の両端末部に位置する電気絶縁板の外側面に当接され、単位燃料電池の積層体、集電板、電気絶縁板をこれ等の積層方向に加圧する加圧力を与える加圧板とを備える固体高分子電解質型燃料電池において、少なくとも一方のセパレータは、冷却用流体を通流させる冷却部を、ガス通流用の溝に対して平行する凹状の冷却用流体通流用の溝として形成すると共に、この冷却用流体通流用の溝を、互いに平行する複数の凹状のガス通流用の溝の、互いに隣接するガス通流用の溝の間に形成されている凸状の隔壁が形成されている部位に入り込ませて設置されてなる構成とすること、または、

2) 前記1項に記載の手段において、少なくとも一方のセパレータは、冷却用流体通流用の溝を、隣接するガス通流用の溝の間に形成されている凸状の隔壁の全ての部位に入り込ませて設置されてなる構成とすること、または、

3) 前記2項に記載の手段において、少なくとも一方のセパレータは、冷却用流体通流用の溝の側壁とガス通流用の溝の側壁との間の厚さ寸法を、全ての冷却用流体通流用の溝およびガス通流用の溝においてほぼ同一寸法とした構成とすること、または、

4) 前記1項から3項までのいずれかに記載の手段において、少なくとも酸化剤ガス用のセパレータは、表面に形成される不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属材料を用いて製作されてなる構成とすること、または、

5) 前記4項に記載の手段において、セパレータに用いられる不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属材料は、ステンレス鋼またはチタン合金である構成とすること、または、

6) 前記4項または5項に記載の手段において、不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属材料を用いて製作されてなるセパレータは、少なくとも、燃料電池セルが持つ前記セパレータと対向する電極膜、隣接する単位燃料電池が有する前記セパレータと対向し合うセパレータおよび集電板のいずれかと接触し合う部位に対して、この部位に存在する不動態膜を除去した後、貴金属層が形成されてなる構成とすること、または、

7) 前記3項と4項、前記3項から5項、および、前記3項から6項までのいずれかに記載の手段であって、金

属材薄板製でほぼ矩形状の外形をなし、燃料電池セルが持つ燃料電極膜および酸化剤電極膜と対向する部位であり、ガス通流用の溝と冷却用流体通流用の溝とが互いに表裏となる関係で波形に形成されたほぼ矩形状の中央部領域と、中央部領域のそれぞれのガスおよび冷却用流体が流入または流出する一方の端部側に隣接され、平板状ではほぼ矩形状をなした一方のマニホールド領域と、中央部領域のそれぞれのガスおよび冷却用流体が流入または流出する他方の端部側に隣接され、平板状ではほぼ矩形状をなした他方のマニホールド領域と、中央部領域・一方のマニホールド領域および他方のマニホールド領域の周囲に形成され、一方および他方のマニホールド領域に隣接されるそれぞれの部位に燃料ガス・酸化剤ガスおよび冷却用流体を通流させる貫通穴が形成され、しかも、一方および他方のマニホールド領域と連続した平面をなす平板状の周辺部領域と、を持つ燃料ガス用のセパレータおよび酸化剤ガス用のセパレータと、燃料ガス用のセパレータとほぼ同一の外形で薄板状をなした弾性材製であって、燃料ガス用のセパレータの燃料電池セル側に配置され、セパレータの中央部領域・一方のマニホールド領域および他方のマニホールド領域に対向する部位に形成された貫通穴領域と、貫通穴領域の周辺部分であって、セパレータに形成されている燃料ガス・酸化剤ガスおよび冷却用流体を通流させる貫通穴に対向させて形成された貫通穴と、一方のマニホールド領域側の燃料ガス用の貫通穴と貫通穴領域の一方のマニホールド領域に対向する部位との間を連通して形成された切欠溝と、他方のマニホールド領域側の燃料ガス用の貫通穴と貫通穴領域の他方のマニホールド領域に対向する部位との間を連通して形成された切欠溝とを持つ周辺部領域、とを有する燃料ガス用のシール体と、酸化剤ガス用のセパレータとほぼ同一の外形で薄板状をなした弾性材製であって、酸化剤ガス用のセパレータの燃料電池セル側に配置され、セパレータの中央部領域・一方のマニホールド領域および他方のマニホールド領域に対向する部位に形成された貫通穴領域と、貫通穴領域の周辺部分であって、セパレータに形成されている燃料ガス・酸化剤ガスおよび冷却用流体を通流させる貫通穴に対向させて形成された貫通穴と、一方のマニホールド領域側の酸化剤ガス用の貫通穴と貫通穴領域の一方のマニホールド領域に対向する部位との間を連通して形成された切欠溝と、他方のマニホールド領域側の酸化剤ガス用の貫通穴と貫通穴領域の他方のマニホールド領域に対向する部位との間を連通して形成された切欠溝とを持つ周辺部領域、とを有する酸化剤ガス用のシール体と、を備えたほぼ矩形状の外形をなした単位燃料電池の複数個と、互いに隣接し合う単位燃料電池の間に介挿され、セパレータとほぼ同一の外形で薄板状をなした弾性材製であって、セパレータの中央部領域・一方のマニホールド領域および他方のマニホールド領域に対向する部位に形成された貫通穴領域と、貫通穴

17

領域の周辺部分であって、セパレータに形成されている燃料ガス・酸化剤ガスおよび冷却用流体を通流させる貫通穴に対向させて形成された貫通穴と、一方のマニホールド領域側の冷却用流体用の貫通穴と貫通穴領域の一方のマニホールド領域に対向する部位との間を連通して形成された切欠溝と、他方のマニホールド領域側の冷却用流体用の貫通穴と貫通穴領域の他方のマニホールド領域に対向する部位との間を連通して形成された切欠溝を持つ周辺部領域、とを有する冷却用流体用のシール体と、を備える固体高分子電解質型燃料電池において、セパレータの一方および他方のマニホールド領域のガスが通流される側の側面に、セパレータの波形に形成された冷却用流体通流用の溝およびガス通流用の溝の波形をなしている部分のガスが通流される側の最高突出高さ寸法と、燃料電池セルが持つ燃料電極膜または酸化剤電極膜の厚さ寸法との和と同等の厚さ寸法を有し、ガスを通流させる複数の流路を有する保持体を、マニホールド領域のガスが通流する方向に対して直角となる方向のほぼ全幅にわたり備える構成とすること、または、

8) 前記3項と4項、前記3項から5項、および、前記3項から6項までのいずれかに記載の手段であって、金属材薄板製でほぼ矩形状の外形をなし、燃料電池セルが持つ燃料電極膜および酸化剤電極膜と対向する部位であり、ガス通流用の溝と冷却用流体通流用の溝とが互いに表裏となる関係で波形に形成されたほぼ矩形状の中央部領域と、中央部領域のそれぞれのガスおよび冷却用流体が流入または流出する一方の端部側に隣接され、平板状でほぼ矩形状をなした一方のマニホールド領域と、中央部領域のそれぞれのガスおよび冷却用流体が流入または流出する他方の端部側に隣接され、平板状でほぼ矩形状をなした他方のマニホールド領域と、中央部領域・一方のマニホールド領域および他方のマニホールド領域の周囲に形成され、一方および他方のマニホールド領域に隣接されるそれぞれの部位に燃料ガス・酸化剤ガスおよび冷却用流体を通流させる貫通穴が形成され、しかも、一方および他方のマニホールド領域と連続した平面をなす平板状の周辺部領域と、を持つ燃料ガス用のセパレータおよび酸化剤ガス用のセパレータと、燃料ガス用のセパレータとほぼ同一の外形で薄板状をなした弾性材製であって、燃料ガス用のセパレータの燃料電池セル側に配置され、セパレータの中央部領域・一方のマニホールド領域および他方のマニホールド領域に対向する部位に形成された貫通穴領域と、貫通穴領域の周辺部分であって、セパレータに形成されている燃料ガス・酸化剤ガスおよび冷却用流体を通流させる貫通穴に対向させて形成された貫通穴と、一方のマニホールド領域側の燃料ガス用の貫通穴と貫通穴領域の一方のマニホールド領域に対向する部位との間を連通して形成された切欠溝と、他方のマニホールド領域側の燃料ガス用の貫通穴と貫通穴領域の他方のマニホールド領域に対向する部位との間を連通して形成された切欠溝と、

18

て形成された切欠溝とを持つ周辺部領域、とを有する燃料ガス用のシール体と、酸化剤ガス用のセパレータとほぼ同一の外形で薄板状をなした弾性材製であって、酸化剤ガス用のセパレータの燃料電池セル側に配置され、セパレータの中央部領域・一方のマニホールド領域および他方のマニホールド領域に対向する部位に形成された貫通穴領域と、貫通穴領域の周辺部分であって、セパレータに形成されている燃料ガス・酸化剤ガスおよび冷却用流体を通流させる貫通穴に対向させて形成された貫通穴と、一方のマニホールド領域側の酸化剤ガス用の貫通穴と貫通穴領域の他方のマニホールド領域に対向する部位との間を連通して形成された切欠溝と、他方のマニホールド領域側の酸化剤ガス用の貫通穴と貫通穴領域の他方のマニホールド領域に対向する部位との間を連通して形成された切欠溝とを持つ周辺部領域、とを有する酸化剤ガス用のシール体と、を備えたほぼ矩形状の外形をなした単位燃料電池の複数個と、互いに隣接し合う単位燃料電池の間に介挿され、セパレータとほぼ同一の外形で薄板状をなした弾性材製であって、セパレータの中央部領域・一方のマニホールド領域および他方のマニホールド領域に対向する部位に形成された貫通穴領域と、貫通穴領域の周辺部分であって、セパレータに形成されている燃料ガス・酸化剤ガスおよび冷却用流体を通流させる貫通穴と、一方のマニホールド領域側の冷却用流体用の貫通穴と貫通穴領域の一方のマニホールド領域に対向する部位との間を連通して形成された切欠溝と、他方のマニホールド領域側の冷却用流体用の貫通穴と貫通穴領域の他方のマニホールド領域に対向する部位との間を連通して形成された切欠溝とを持つ周辺部領域、とを有する冷却用流体用のシール体と、を備える固体高分子電解質型燃料電池において、セパレータの一方および他方のマニホールド領域の冷却用流体が通流される側の側面に、セパレータの波形に形成された冷却用流体通流用の溝およびガス通流用の溝の波形をなしている部分の冷却用流体が通流される側の最高突出高さ寸法と同等の厚さ寸法を有し、冷却用流体を通流させる複数の流路を有する保持体を、マニホールド領域の冷却用流体が通流する方向に対して直角となる方向のほぼ全幅にわたり備える構成とすること、または、

9) 前記7項または8項に記載の手段において、保持体は、セパレータのマニホールド領域に、セパレータと一緒に形成されてなる構成とすること、または、

10) 前記7項から9項までのいずれかに記載の手段において、保持体は、その流路を、それぞれのシール体が持つ、貫通穴と貫通穴領域のマニホールド領域に対向する部位との間を連通してなる切欠溝に関して、この切欠溝が形成されている部位とは合致しない位置に形成されてなる構成とすること、さらにまたは、

11) 前記7項から10項までのいずれかに記載の手段であって、それぞれのシール体が持つ、貫通穴と貫通穴

領域のマニホールド領域に対向する部位との間を連通してなる切欠溝が形成された部位に装着され、セパレータの貫通穴が形成されている周辺部領域のガスが通流される側の側面と、燃料電池セルが持つ固体高分子電解質膜の主面との間、および、セパレータの貫通穴が形成されている周辺部領域の冷却用流体が通流される側の、互いに隣接するセパレータの側面の相互間、を保持する保持体を備える固体高分子電解質型燃料電池において、切欠溝に備えられる保持体は、セパレータの周辺部領域に、セパレータと一体に形成されてなる構成とすることにより達成される。

【0033】

【作用】この発明においては、固体高分子電解質型燃料電池において、

(1) 少なくとも一方のセパレータは、冷却用流体を通流させる冷却部を、ガス通流用の溝に対して平行する凹状の冷却用流体通流用の溝として形成すると共に、この冷却用流体通流用の溝を、互いに平行する複数の凹状のガス通流用の溝の、互いに隣接するガス通流用の溝の間に形成されている凸状の隔壁が形成されている部位に入り込ませて設置されることにより、この発明によるセパレータでは、凹状のガス通流用の溝は、従来例のセパレータが持つ中間層を突き抜けて、互いに隣接するガス通流用の溝の間に形成されている凸状の隔壁が形成されている部位に入り込んで形成されることになる。このために、冷却用流体通流用の溝は、中間層、凸状の隔壁が占めていた面積の一部を利用して形成することが可能となるので、少なくともその分、セパレータの厚さ方向の寸法(従来例の場合の、図28中にT₀として示した寸法に対応する寸法。)を薄くすることが可能となる。

【0034】(2) 前記(1)項において、少なくとも一方のセパレータは、冷却用流体通流用の溝を、隣接するガス通流用の溝の間に形成されている凸状の隔壁の全ての部位に入り込ませて設置されることにより、冷却用流体通流用の溝が、中間層、凸状の隔壁が占めていた面積の一部を利用する度合いが前記(1)項の場合よりも増加するので、セパレータの厚さ方向の寸法を、少なくともその分だけ薄くすることが可能となる。また、冷却用流体通流用の溝が、燃料電池セルが持つ電極膜に対向する部位のほぼ全面にわたり形成されることになるので、燃料電池セルの冷却をその面方向にして均一化することが可能となる。

【0035】(3) 前記(2)項において、少なくとも一方のセパレータは、冷却用流体通流用の溝の側壁とガス通流用の溝の側壁との間の厚さ寸法を、全ての冷却用流体通流用の溝およびガス通流用の溝においてほぼ同一寸法とした構成とすることにより、冷却用流体通流用の溝と、ガス通流用の溝、燃料電池セル間の平均的な熱伝導距離が短縮されることにより、冷却用流体通流用の溝

と燃料電池セル間の熱伝達抵抗値が、前記(2)項の場合よりも低減するので、燃料電池セルを冷却する冷却用流体による冷却能を向上することが可能になると共に、燃料電池セルの冷却の面方向に対する均一化度を向上することが可能となる。

【0036】(4) 前記(1)項から(3)項において、少なくとも酸化剤ガス用のセパレータは、例えば、ステンレス鋼またはチタン合金等の、表面に形成される不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属材料を用いて製作されてなる構成とすることにより、セパレータに用いられている金属の表面には必ず不動態膜が存在することになり、このことによって、公知のごとく、金属の表面が化学的に侵され難い性質を備えることになる。したがって、金属材製のセパレータに用いられている金属が、燃料電池セルで生成された液状の生成水中に溶け込む度合いは低減されて、液状の生成水がイオン化される度合いが低減される。これにより、生成水がイオン化されることで従来発生していた燃料電池セルの電気化学反応度が低下する等の問題を解消することが可能となる。

【0037】また、このことによって、セパレータを金属材製化する際の制約条件が解消されることになる。

(5) 前記(4)項において、貴金属は、その表面には大気によって不動態膜が生成されることが無い金属であると共に、その表面における電気接触抵抗値および熱接触抵抗値が小さいという特長を持っている。一方、表面に形成される不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属材料を用いて製作されたセパレータでは、生成水がイオン化される問題は解消できるが、前記の不動態膜の存在によって、その表面における電気接触抵抗値および熱接触抵抗値が比較的に大きい値になってしまうものである。

【0038】そこで、この発明による特徴的な構成である、セパレータを、少なくとも、燃料電池セルが持つ前記セパレータと対向する電極膜、隣接する単位燃料電池が有する前記セパレータと対向し合うセパレータおよび集電板のいずれかと接触し合う部位に対して、この部位に存在する不動態膜を除去した後、貴金属(例えば、金、銀、白金等である。)層が形成されてなる構成とすることにより、固体高分子電解質型燃料電池における主要な電気伝導接触部である前記の諸部位の電気接触抵抗値を、不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属材料で製作されたセパレータであっても、貴金属が持つ前記の性質によって小さい値に保持することが可能となる。また、前記の電気伝導接触部に熱流が通流する場合の熱接触抵抗値が低減されるので、燃料電池セルに関する冷却能も向上することが可能となる。これにより、セパレータの素材として、不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属材料を採用することが容易となる。

21

【0039】(6) 前記(3)項と(4)項、または、前記(3)項から(5)項において、セパレータの一方および他方のマニホールド領域の反応ガスが通流される側の側面に、セパレータの波形に形成された冷却用流体通流用の溝およびガス通流用の溝の波形をなしている部分の反応ガスが通流される側の最高突出高さ寸法と、燃料電池セルが持つ燃料電極膜または酸化剤電極膜の厚さ寸法との和と同等の厚さ寸法を有し、反応ガスを通流させる複数の流路を有する保持体を、マニホールド領域の反応ガスが通流する方向に対して直角となる方向のほぼ全幅にわたり備える構成とすること、または、セパレータの一方および他方のマニホールド領域の冷却用流体が通流される側の側面に、セパレータの波形に形成された冷却用流体通流用の溝およびガス通流用の溝の、波形をなしている部分の冷却用流体が通流される側の最高突出高さ寸法と同等の厚さ寸法を有し、冷却用流体を通流させる複数の流路を有する保持体を、マニホールド領域の冷却用流体が通流する方向に対して直角となる方向のほぼ全幅にわたり備える構成とすることにより、燃料電池セルが持つ固体高分子電解質膜の内の露出されている面の内の、セパレータが有するそれぞれのマニホールド領域に対向する部位は、保持体を介してセパレータに保持されることになり、固体高分子電解質膜の露出面を支持する支持間隔が短縮される。このため、一方の反応ガスの圧力値が他方の反応ガスの圧力値よりも大きい場合に、固体高分子電解質膜の露出されている面に発生する応力値は、公知の材料力学が教えるところにより低減される。これにより、両反応ガス間に差圧が生じた異常な運転状態であっても、固体高分子電解質膜に破損の発生する懸念が解消される。

【0040】(7) 前記(3)項と(4)項、または、前記(3)項から(5)項において、セパレータの一方および他方のマニホールド領域の冷却用流体が通流される側の側面に、セパレータの波形に形成された冷却用流体通流用の溝およびガス通流用の溝の、波形をなしている部分の冷却用流体が通流される側の最高突出高さ寸法と同等の厚さ寸法を有し、冷却用流体を通流させる複数の流路を有する保持体を、マニホールド領域の冷却用流体が通流する方向に対して直角となる方向のほぼ全幅にわたり備える構成とすることにより、互いに隣接して配置されるセパレータは、波形をなしている部分に加えて、この保持体によっても互いに接合されるので、互いに接合される接合点の面積が拡大されることになる。これにより、固体高分子電解質型燃料電池セルの組み立てに当たり、締付けボルト95により単位燃料電池に与えられる加圧力を、より広い接合点の面積で分担することが可能となる。

【0041】(8) 前記(6)、(7)項において、保持体を、セパレータのマニホールド領域に、セパレータと一体に形成されてなる構成とすることにより、固体高

22

分子電解質膜燃料電池を構成する部品点数を低減することが可能となる。

【0042】(9) 前記(6)項、(7)項、(8)項において、保持体は、その流路を、それぞれのシール体が持つ、貫通穴と貫通穴領域のマニホールド領域に対向する部位との間を連通してなる切欠溝に関して、この切欠溝が形成されている部位とは合致しない位置に形成されてなる構成とすることにより、切欠溝からマニホールド領域に流入する反応ガス、冷却用流体の場合を例にとると、流入した反応ガス、冷却用流体は、まず、保持体の流路ではない部位に衝突する。これにより、流入した反応ガス、冷却用流体が持つその動圧が低減される。このために、マニホールド領域の反応ガス、冷却用流体が通流する方向に対する直角の方向のほぼ全幅にわたり備えられた保持体に、複数が形成されたそれぞれの流路から、並列の分流となって冷却用流体通流用の溝、ガス通流用の溝に流れ込む際に、それぞれの並列の分流の流速を、流入した反応ガス、冷却用流体が持つその静圧値に従う值にはば均一化することが可能となる。

【0043】(10) 前記(6)項から前記(9)項までのいずれかにおいて、切欠溝に備えられる保持体は、セパレータの周辺領域に、セパレータと一体に形成されてなる構成とすることにより、固体高分子電解質膜燃料電池を構成する部品点数を低減することが可能となる。

【0044】

【実施例】以下この発明の実施例を図面を参照して詳細に説明する。

実施例1；図1は、請求項1に対応するこの発明の一実30 施例による固体高分子電解質型燃料電池の要部の構成を模式的に示した図で、(a)はその側面図であり、(b)は図1(a)中に示した単位燃料電池が有する一方のセパレータの側面断面図である。図1において、図28～図32に示した従来例による固体高分子電解質型燃料電池と同一部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。なお、図1中には、図28～図32で付した符号については、代表的な符号のみを記した。

【0045】図1において、1は、図31に示した従来40 例による固体高分子電解質型燃料電池（以降、スタックと略称することがある。）9に対して、単位燃料電池（以降、単電池と略称することがある。）6に替えて單電池2を用いるようにしたスタックである。単電池2は、図28～図30に示した従来例によるスタック9が備える単電池6に対して、セパレータ61、62に替えてセパレータ21、22を用いるようになっている。また、セパレータ21は、図1(b)に示したように、従来例による単電池6が有するセパレータ61に対して、冷却用流体通流用の溝611Bに替えて冷却用流体通流用の溝211を用いるようになっている。なお、セパレータ22は、その詳細な図示は省略したが、セパレータ2

1の場合と同様に、従来例による単電池6が有するセパレータ62に対して、冷却用流体通流用の溝621Bに替えて冷却用流体通流用の溝212を用いるようにしている。これ等の溝211, 212を備えることが、この実施例1による発明の特徴的な構成であるが、両溝211, 212の従来例に対する特徴点は同一であるので、実施例1における以降の説明においては、溝211に代表させて説明を行うこととする。この溝211は、図1(b)中に示したように、溝611Aに対して平行させると共に、互いに隣接している溝611A間に介在している凸状の隔壁612Aが存在している部位に、入り込ませて形成されている。

【0046】図1に示す実施例1によるスタック1では、備えるセパレータ21を前述の構成としたので、従来例のセパレータ61の場合、ガス通流用の溝611Aと、冷却用流体通流用の溝611Bとの間に存在していた中間層が、セパレータ21では存在しない。このために、溝211は、従来例のセパレータ61の場合に、中間層、隔壁612Aが占めていた面積の一部を利用して形成することが可能となる。これによって、セパレータ21の厚さ方向寸法(図1中にT₁として示した。)は、従来例によるセパレータ61の厚さ方向寸法T₀よりも薄くすることが可能となるのである。これによって、スタック1の単電池2の積層方向であるその長さ寸法の短縮が可能となる。

【0047】またこの構成とすることにより、セパレータ21では、反応ガスと冷却用流体99との間の熱伝達に影響を与える熱伝導抵抗の主要因となる、溝211の側壁と、溝611Aの側壁との間の厚さ寸法△T₁₁と、溝211の底面と溝611Aの頂面との間の厚さ寸法△T₁₂とが、いずれも、従来例のセパレータ61の場合の厚さ寸法よりも短縮される。このために、燃料電池セル7に対する冷却用流体99の冷却能を向上させることができとなる。

【0048】実施例2；図2は、請求項1, 2に対応するこの発明の一実施例による固体高分子電解質型燃料電池の要部の構成を模式的に示した図で、(a)はその側面図であり、(b)は図2(a)中に示した単位燃料電池が有する一方のセパレータの側面断面図である。図2において、図1に示した請求項1に対応するこの発明の一実施例による固体高分子電解質型燃料電池、および、図28～図32に示した従来例による固体高分子電解質型燃料電池と同一部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。なお、図2中には、図28～図32で付した符号については、代表的な符号のみを記した。

【0049】図2において、1Aは、図1に示したこの発明によるスタック1に対して、単電池2に替えて単電池2Aを用いるようにしたスタックである。単電池2Aは、図1に示したこの発明によるスタック1が備える単電池2に対して、セパレータ21, 22に替えてセパレ

ータ21A, 22Aを用いるようにしている。また、セパレータ21Aは、図2(b)に示したように、図1に示したこの発明による単電池1が有するセパレータ21に対して、冷却用流体通流用の溝211を、セパレータ21Aに存在している全ての隔壁612Aに形成するようしている。なお、セパレータ22Aは、その詳細な図示は省略したが、セパレータ21Aの場合と同様に、図1に示したこの発明による単電池1が有するセパレータ22に対して、隔壁622Aが存在している全ての部位に、冷却用流体通流用の溝212を形成するようしている。溝211, 212を、隔壁612A, 622Aが存在している全ての部位に形成することが、この実施例2による発明の特徴的な構成である。よって、両セパレータ21A, 22Aの実施例2に対する特徴点は同一であるので、実施例2に関する以降の説明においては、溝211Aに代表させて説明を行うこととする。

【0050】図2に示す実施例2によるスタック1Aでは、備えるセパレータ21Aを前述の構成としたので、図1に示した実施例1によるセパレータ21の持つ作用・効果を当然のことながら備えている。その上に、溝211が、隔壁612Aが存在している全ての部位に形成されているので、全ての溝211に関して比較すると、セパレータ21の場合よりも、従来例のセパレータ61が持つ中間層、隔壁612Aが占めていた面積の一部を利用する度合いが増大される。これにより、全ての溝211の占める面積を一定にした条件においては、セパレータ21Aの厚さ方向の寸法(図1中にT_{1A}として示した。)は、実施例1によるセパレータ21の厚さ方向寸法T₁よりも薄くすることが可能となるのである。これによって、スタック1Aの長さの一層の短縮が可能となる。

【0051】またこの構成とすることにより、セパレータ21Aでは、溝211が、燃料電池セル7が持つ燃料電極膜7Aに対向する領域のほぼ全面にわたり形成されることになるので、冷却用流体99により、燃料電池セル7の均一な冷却が一層容易になる。

実施例3；実施例3は、請求項1, 3～11に対応するこの発明の一実施例による固体高分子電解質型燃料電池である。まず、この固体高分子電解質型燃料電池が備える単位燃料電池について図3～図10を用いて説明する。ここで、図3は、請求項1, 3～11に対応するこの発明の一実施例による固体高分子電解質型燃料電池が備える単位燃料電池の要部を模式的に示した後記する図8におけるA-A断面図である。図4は、図3に示した単位燃料電池の部分断面図で、(a)は後記する図8におけるB-B断面図であり、(b)は図4(a)中に示したセパレータの断面図である。図5は、図3に示した単位燃料電池の後記する図8におけるC-C断面図であり、図6は、図3に示した単位燃料電池の後記する図8におけるD-D断面図である。図7は、図3に示した単

位燃料電池が有する燃料電池セルの斜視図であり、図8は、図3に示した単位燃料電池が有するセパレータの斜視図であり、図9は、図3に示した単位燃料電池が有する燃料ガス用のシール体の斜視図であり、図10は、図3に示した単位燃料電池が有する酸化剤ガス用のシール体の斜視図である。図3～図10において、図28～図30に示した従来例による固体高分子電解質型燃料電池が備える単位燃料電池と同一部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。

【0052】図3～図10において、3は、図31に示した従来例によるスタック9が備える単電池6に対して、燃料電池セル7、セパレータ61、62に替えて、燃料電池セル5、セパレータ4、4を用いると共に、燃料ガス用のシール体31と、酸化剤ガス用のシール体32とを備える単電池である。燃料電池セル5は、従来例による燃料電池セル7が備えるシート状の固体高分子電解質膜7Cに替えて、シート状の固体高分子電解質膜(以降、PE膜と略称することがある。)51を用いるようにしている。燃料電池セル5においては、電極膜7A、7Bは矩形状をなしており、その寸法は図7中に電極膜7Bについて示したように $W \times H_B$ である。PE膜51は、その周辺部と電極膜7A、7Bの周辺部との間に存在する露出面に、燃料ガス通流用の貫通穴511、酸化剤ガス通流用の貫通穴512、冷却用流体通流用の貫通穴513とからなる貫通穴群が2群形成されている。これ等の貫通穴群は、図7中に詳示したように、周辺部の、寸法Wを持つ電極膜7A、7Bの1対の辺に平行させて、しかも、互いに対象位置に形成されている。一方の貫通穴群は、反応ガスを電極膜7A、7Bに供給する等のために用いられ、他方の貫通穴群は、電極膜7A、7Bを通過した反応ガスを燃料電池セル5から排出する等のために用いられる。なお、それぞれの貫通穴群においては、貫通穴511、512、513は、図7中に詳示したように、PE膜51の寸法W方向の中心線に対して面対象位置に形成されている。

【0053】セパレータ4は、不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属(例えば、ステンレス鋼、チタン合金等である。)の薄板材を用いて、例えばプレス加工によって、図3～図6、図8に示したように形成したものである。すなわち、セパレータ4は、中央部領域41と、一方のマニホールド領域42と、他方のマニホールド領域43と、周辺部領域44とを備えている。

【0054】中央部領域41は、燃料電池セル5が持つ電極膜7A、7Bと対向する部位に位置し、電極膜7A、7Bの持つ外形と同一の、 $W \times H_B$ の領域の寸法(図8を参照)を持っている。中央部領域41には、寸法Wの方向に連続する波形に形成された波形溝411が形成されている。波形溝411によって、その一方の側面側にガス通流用の溝411aが、その他方の側面側に

冷却用流体通流用の溝411bとが、互いに表裏となる関係で形成されている(図4を参照)。この波形溝411の高さ寸法が、そのまま、セパレータ4の厚さ方向寸法(図4中に T_{118} として示した。)になっている。溝411aが形成されている部位のガス通流側の最高突出高さ寸法(図4中に T_{118} として示した。)となる端面41aと、溝411bが形成されている部位の冷却用流体通流側の最高突出高さ寸法(図4中に T_{128} として示した。)となる端面41bとには、それぞれ、この部位に存在する不動態膜を除去した後、金、銀等の貴金属の層49(図4(b)中に一点鎖線で示した。)が、例えば、電気メッキ層として形成されている。

【0055】一方のマニホールド領域42は、この事例の場合には、燃料ガス、酸化剤ガスが流入される側の中央部領域41の端部に隣接されて、平板状に形成されており、矩形状をなした $W \times H_B$ の領域の寸法(図8を参照)を持っている。マニホールド領域42の反応ガスが通流される側の側面には、高さ寸法 T_{138} (図5を参照)を持つ保持体421が、寸法Wの方向のほぼ全幅にわたり図8中に示すごく配列されて、例えばプレス加工によって、一体に形成されている。互いに隣接する保持体421の相互間に形成される空間が、この部位における反応ガスの通流路である。保持体421の列は、2列形成されているが、第1列目の保持体421の列に形成されている反応ガスの通流路の中心位置が、第2列目の保持体421の列に形成されている保持体421の中心位置とが合致する関係で、それぞれの保持体421の列が形成されている。そうして、第1列目の保持体421の内の、後記する切欠溝付きの貫通穴311、322と対向する部位にある保持体421については、保持体421の中心位置がこれら貫通穴311、322の持つ切欠溝の中心位置とがほぼ合致する関係で形成されている。また、高さ寸法 T_{138} は、ガス通流側の最高突出高さ寸法 T_{118} と電極膜7A、7Bの厚さ寸法とのほぼ和となる値に設定されている。

【0056】さらに、マニホールド領域42の冷却用流体通流される側の側面には、高さ寸法 T_{128} (図5を参照)を持つ保持体422が、それぞれの保持体421の列に形成されている保持体421の、互いに隣接する保持体421の中間となる位置に、寸法Wの方向のほぼ全幅にわたり配列されて、例えばプレス加工によって、一体に形成されている。互いに隣接する保持体422の相互間に形成される空間が、この部位における冷却用流体の通流路である。保持体422の列は、2列形成されているが、セパレータ4に対する反応ガス等の入口側に近い第1列目においては、保持体422の列に形成されている冷却用流体の通流路の中心位置が、第2列目の保持体422の列に形成されている保持体422の中心位置とが合致する関係で、それぞれの保持体422の列が形成されている。そうして、第1列目の保持体422の内

27

の、後記する切欠溝付きの貫通穴113と対向する部位にある保持体422については、保持体422の中心位置が貫通穴113が備える切欠溝の中心位置とがほぼ合致する関係で形成されている。

【0057】他方のマニホールド領域43は、この事例の場合には、燃料ガス、酸化剤ガスが排出される側の中央部領域41の端部に隣接されて、平板状に形成されており、マニホールド領域42と同一の矩形状をなしたW×H₀の領域の寸法を持っている。マニホールド領域43にも、マニホールド領域42と同一の、保持体421、422が形成されているが、その詳細な説明は重複を避ける意味で省略する。なお、マニホールド領域43における反応ガス等の入口側に近い第1列目の保持体421、422の列においては、マニホールド領域42における反応ガス等の入口側に近い第1列目の保持体421、422の列と、同一の位置関係で保持体421、422が形成されていることを付言しておく。

【0058】周辺部領域44は、中央部領域41、一方のマニホールド領域42および他方のマニホールド領域43の周囲に、それぞれのマニホールド領域42、43と連続した同一平面をなす平板状に形成されており、その外形は、燃料電池セル5の外形とほぼ同一に設定されている。周辺部領域44の、マニホールド領域42、43のそれと隣接されるそれぞれの部位には、図8中に詳示したように、燃料ガス通流用の貫通穴441、酸化剤ガス通流用の貫通穴442、冷却用流体通流用の貫通穴443とからなる貫通穴群が2群形成されている。これ等の貫通穴群に含まれる貫通穴は、PE膜51に形成されている、貫通穴511、512、513のそれと対向させて形成されている。そして、それぞれの貫通穴441、442のマニホールド領域42、43側に隣接する部位の、反応ガスが通流される側の側面には、それぞれ高さ寸法T_{13B}を持つ保持体444(図6を参照)と、保持体445とが、例えばプレス加工によって一体に形成されている。また、貫通穴443のマニホールド領域42、43側に隣接する部位の、冷却用流体が通流される側の側面には、高さ寸法T_{12B}を持つ保持体446が、例えばプレス加工によって一体に形成されている。なお、保持体444の中心位置は貫通穴441の中心位置と、保持体445の中心位置は貫通穴442の中心位置と、また、保持体446の中心位置は貫通穴443中心位置と、それぞれほぼ合致させて形成されている。燃料ガス用のシール体31は、反応ガス・冷却用流体が、所定の通流路外に漏れ出るのを防止すると共に、反応ガス・冷却用流体の通流路および燃料ガスを燃料ガスの通流路から燃料電極膜7Aに供給する流路を提供することが主な役目である。シール体31は、弾性材を用いて薄板状に製作され、その外形をセパレータ4の外形とほぼ同一に設定され、その主要部の厚さは、寸法T_{13B}に設定されている。シール体32は、図10に示すように、シール体31と同様に、矩形状をなした領域寸法W×H₀(図8、図10を参照)を持つ貫通穴領域329が形成されている。シール体32の、貫通穴領域329の周辺をなしている周辺部領域328には、セパレータ4に形成されている貫通穴441、442、443と対向させて、それぞれ、燃料ガス通流用の貫通穴321、酸化剤ガス通流用の切欠溝付きの貫通穴311、冷却用流体通流用の貫通穴312、冷却用流体通流用の貫通穴313とからなる貫通穴群が、図9中に示すように2群形成されている。それぞれの貫通穴311には、貫通穴領域319の一方のマニホールド領域42に対向する部位と、また、貫通穴領域319の他方のマニホールド領域43に対向する部位との間を連通する切欠溝が、図9中に示すように備えられている。

【0059】酸化剤ガス用のシール体32は、反応ガス・冷却用流体が、所定の通流路外に漏れ出るのを防止すると共に、反応ガス・冷却用流体の通流路および酸化剤ガスを酸化剤ガスの通流路から酸化剤電極膜7Bに供給する流路を提供することが主な役目である。シール体32は、弾性材を用いて薄板状に製作され、その外形をセパレータ4の外形とほぼ同一に設定され、その主要部の厚さは、寸法T_{13B}に設定されている。シール体32は、図10に示すように、シール体31と同様に、矩形状をなした領域寸法W×H₀(図8、図10を参照)を持つ貫通穴領域329が形成されている。シール体32の、貫通穴領域329の周辺をなしている周辺部領域328には、セパレータ4に形成されている貫通穴441、442、443と対向させて、それぞれ、燃料ガス通流用の貫通穴321、酸化剤ガス通流用の切欠溝付きの貫通穴322、冷却用流体通流用の貫通穴323とからなる貫通穴群が、図10中に示すように2群形成されている。それぞれの貫通穴322には、貫通穴領域329の一方のマニホールド領域42に対向する部位と、また、貫通穴領域329の他方のマニホールド領域43に対向する部位との間を連通する切欠溝が、図10中に示すように備えられている。

【0060】単電池3は、燃料電池セル5と、燃料電池セル5の燃料電極膜7A側のPE膜51の露出面にシール体31を、燃料電池セル5の酸化剤電極膜7B側のPE膜51の露出面にシール体32を、シール体31の外側から一方のセパレータ4をその端面41aを電極膜7Aの側面に接触させて、さらに、シール体32の外側から他方のセパレータ4をその端面41aを電極膜7Bの側面に接触させて、それぞれ重ね合わされて組み立てられる。その際、それが持つ燃料ガス通流用の貫通穴511、311、321、441は互いに連通され、燃料ガスの通流路を形成する。そして、燃料ガスは、貫通穴311に備えられた切欠溝を通流して、燃料電極膜

7 A に供給され、かつ排出される。また、それぞれが持つ酸化剤ガス通流用の貫通穴 5 1 2, 3 1 2, 3 2 2, 4 4 2 は互いに連通され、酸化剤ガスの通流路を形成する。そして、酸化剤ガスは、貫通穴 3 2 2 に備えられた切欠溝を通流して、酸化剤電極膜 7 B に供給され、かつ排出される。さらに、それぞれが持つ冷却用流体通流用の貫通穴 5 1 3, 3 1 3, 3 2 3, 4 4 3 は互いに連通され、冷却用流体の通流路を形成する。単電池 3 の持つ前記の構成により、一対のセパレータ 4 が持つそれぞれのマニホールド領域 4 2, 4 3 に対向する P E 膜 5 1 の露出面は、それぞれのセパレータ 4 が持つ保持体 4 2 1 の突出端面 4 2 1 a によって保持される。また、それぞれの貫通穴 3 1 1, 3 2 2 が持つ切欠溝に対向する P E 膜 5 1 の露出面は、それぞれのセパレータ 4 が持つ保持体 4 4 4, 4 4 5 の突出端面（保持体 4 4 4 の場合は 4 4 4 a である。）によって保持される。

【0061】実施例 3 の場合においても、前記の単電池 3 の複数個を、燃料電池セル 5 の発生電圧が互いに直列接続されるように積層した単位燃料電池の積層体として組み立てられて、固体高分子電解質型燃料電池（スタック）として供されることになる。図 1 1 は、請求項 1, 3 ~ 1 1 に対応するこの発明の一実施例による固体高分子電解質型燃料電池の要部を模式的に示した図面で、(a) はその側面図であり、(b) は図 1 1 (a) の S 部における詳細な横方向の部分断面図である。図 1 2 は、図 1 1 中に示した冷却用流体用のシール体の斜視図である。図 1 3 は、図 1 1 に示した固体高分子電解質型燃料電池の互いに隣接する単位燃料電池間の構成を説明する側面断面図であり、図 1 4 は、図 1 1 に示した固体高分子電解質型燃料電池の互いに隣接する単位燃料電池間の構成を説明する部分断面図である。図 1 5 は、図 1 1 における R 部の詳細図である。図 1 1 ~ 図 1 5 において、図 3 ~ 図 1 0 に示したこの実施例 3 による単位燃料電池 3、および、図 2 8 ~ 図 3 2 に示した従来例による固体高分子電解質型燃料電池と同一部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。なお、図 1 1 ~ 図 1 5 には、図 3 ~ 図 1 0 で付した符号については、代表的な符号のみを記した。

【0062】図 1 1 ~ 図 1 5 において、1 B は、図 3 1 に示した従来例による固体高分子電解質型燃料電池 9 に対して、単電池 6、集電板 9 1、電気絶縁板 9 2、加圧板 9 3、9 4 に替えて、単電池 3、集電板 1 2、電気絶縁板 1 3、加圧板 1 4、1 5 を用いると共に、冷却用流体用のシール体 1 1 を備える固体高分子電解質型燃料電池（スタック）である。集電板 1 2、電気絶縁板 1 3、加圧板 1 4、1 5 は、集電板 9 1、電気絶縁板 9 2、加圧板 9 3、9 4 に対して、燃料ガス通流用の貫通穴、酸化剤ガス通流用の貫通穴、および、冷却用流体通流用の貫通穴のそれぞれが、単電池 3 が備えている、供給側または排出側の、燃料ガス通流用の貫通穴、酸化剤ガス通

流用の貫通穴、および、冷却用流体通流用の貫通穴のそれぞれと、対向する部位に形成されていることのみが相異している。

【0063】冷却用流体用のシール体 1 1 は、反応ガス・冷却用流体が、所定の通流路外に漏れ出るのを防止すると共に、反応ガス・冷却用流体の通流路および冷却用流体を冷却用流体の通流路から、冷却用流体通流用の溝 4 1 1 b に供給する流路を提供することが主な役目である。シール体 1 1 は、弾性材を用いて薄板状に製作され、その外形をセパレータ 4 の外形とほぼ同一に設定され、その主要部の厚さは、寸法 T_{1~2} に設定されている。シール体 1 1 は、図 1 2 に示すように、セパレータ 4 の中央部領域 4 1、マニホールド領域 4 2、4 3 とよりなる領域に対向する部位に貫通穴領域 1 1 9 が形成されている。この貫通穴領域 1 1 9 は、矩形状をなした W × H₁ の領域の寸法（図 1 2 を参照）を持っている。シール体 1 1 の、貫通穴領域 1 1 9 の周辺をなしている周辺部領域 1 1 8 には、セパレータ 4 に形成されている貫通穴 4 4 1, 4 4 2, 4 4 3 と対向させて、それぞれ、燃料ガス通流用の貫通穴 1 1 1、酸化剤ガス通流用の貫通穴 1 1 2、冷却用流体通流用の切欠溝付きの貫通穴 1 1 3 とからなる貫通穴群が、図 1 2 中に示すように 2 群形成されている。それぞれの貫通穴 1 1 3 には、貫通穴領域 1 1 9 の一方のマニホールド領域 4 2 に対向する部位、また、貫通穴領域 1 1 9 の他方のマニホールド領域 4 3 に対向する部位との間に連通する切欠溝が、図 1 2 中に示すように備えられている。

【0064】スタック 1 B において、単電池 3 には、単電池 3 が備えるそれぞれのセパレータ 4 に形成された周辺部領域 4 4 の冷却用流体が通流される側に、シール体 1 1 を介挿し、互いに隣接する単電池 3 が備えるセパレータ 4 とその端面 4 1 b を互いに接触させ合って、それぞれ重ね合わされて単電池 3 の積層体が構成される（図 1 3、図 1 4 を参照）。

【0065】スタック 1 B は、単電池 3 の積層体の両端部に、単電池 3 で発生した直流電力をスタック 1 B から取り出すための集電板 1 2, 1 2 と、単電池 3、集電板 1 2 を構造体から電気的に絶縁するための電気絶縁板 1 3 と、両電気絶縁板 1 3 の両外側面に配設される加圧板 1 4, 1 5 とを順次積層し、加圧板 1 4, 1 5 にその両外側面側から複数の締付けボルト 9 5 により適度の加圧力を与えるようにして構成されている。また、単電池の積層体の両端部に位置する単電池 3 が備えるセパレータ 4 の端面 4 1 b は、集電板 1 2 の側面と接触されるように構成されている（図 1 5 を参照）。その際、それぞれの単電池 3 が持つ燃料ガス、酸化剤ガス、冷却用流体の通流路は、シール体 1 1 に形成されている貫通穴 1 1 1, 1 1 2, 1 1 3 によって互いに連通され、スタック 1 B としての燃料ガス、酸化剤ガス、冷却用流体の通流路を完成させる。そして、冷却用流体 9 9 は、図 1

31

1、図15に示す(図15中では、二点鎖線で示す。)ごとく、まず、加圧板14に装着された冷却用流体の入口側の配管接続体98(図15中での図示は省略した。)からスタック1Bに流入する。スタック1Bに流入した冷却用流体99は、セパレータ4の一方のマニホールド領域42に隣接して設けられた貫通穴443と、この貫通穴443に連通している前記の諸貫通穴を介してスタック1B内を通流する。そして、それぞれのシール体11が持つ貫通穴113に備えられた切欠溝において分路され、それぞれの単電池3が持つセパレータ4に形成されている波形溝411の他方の側面側の、冷却用流体通流用の溝411b中を通流して、それぞれの単電池3、従って、燃料電池セル5を冷却する。それぞれの単電池3を冷却することで温度が上昇した冷却用流体99は、セパレータ4の他方のマニホールド領域43に隣接して設けられた貫通穴443と、この貫通穴443に連通している前記の諸貫通穴を介して順次合流され、加圧板15に装着された冷却用流体の出口側の配管接続体98からスタック1Bの外部に排出される。入口側および出口側の配管接続体98の設置個数は、それぞれ、セパレータ4の一方のマニホールド領域42に隣接して設けられた貫通穴443の個数と、セパレータ4の他方のマニホールド領域43に隣接して設けられた貫通穴443の個数と同一である。従って、冷却用流体99は、貫通穴443の個数による並列数を持つ並列流路によって、スタック1B内を通流することになる。燃料ガス、酸化剤ガスのスタック1B内における通流の様子は、冷却用流体99の場合と基本的には同一である。

【0066】図3～図15に示す実施例3による固体高分子電解質型燃料電池(スタック)1Bは前述の構成したことにより、まず、スタック1Bは、それぞれの反応ガスおよび冷却用流体99に関して、互いに並列する複数の通流路が備えられている。このことにより、それぞれの単電池3に対して、この複数の通流路から反応ガスおよび冷却用流体99を供給することが可能であり、このことは、大面積の単電池3においては、供給圧力値を低減することが容易になるという利点が得られる。

【0067】また、セパレータ4は、そのガス通流用の溝411aと冷却用流体通流用の溝411bとを、薄板製の波形溝411の表裏をなす両側面に形成したので、冷却用流体通流用の溝411aの側壁と、ガス通流用の溝411bの側壁との間の厚さ寸法は、薄板の厚さ寸法とほぼ同等であり、従って、全ての溝411aと溝411bにおいて、両溝の側壁間の厚さ寸法は同一である。これにより、実施例3によるセパレータ4は、前記の実施例1、2によるセパレータ21、21Aが持つ作用・効果を当然のことながら備えている。その上に、全ての溝411aと溝411bにおいて、両溝の側壁間の厚さ寸法は同一(実施例2に関する説明を引用すれば、 $\Delta T_{11} = \Delta T_{12}$ ということである。)であるので、従来例の

32

セパレータ61が持つ中間層、隔壁612Aが占めていた面積のほとんどを利用できることになる。これにより、全てのガス通流用の溝が占める面積を一定にした条件においては、セパレータ4の厚さ方向の寸法(図4中にT11として示した。)は、実施例2によるセパレータ21Aの厚さ方向寸法T11よりも薄くすることが可能となる。これによって、スタック1Bの長さを、スタック1Aの場合よりも一層短縮することが可能となる。

【0068】また、全ての溝411aと溝411bにおいて、両溝の側壁間の厚さ寸法は同一であることによって、溝411aと溝411bとの間の単位面積当たりの熱伝導抵抗値は、低減され、かつ、面積方向にはほぼ均一になる。これにより、燃料電池セル5に対する冷却用流体99の冷却能を向上させることができ、かつ、実施例1、2の場合よりも、燃料電池セルを面積方向に一層均等に冷却することが可能となる。

【0069】また、セパレータ4は、ステンレス鋼、チタン合金等の不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属の薄板材を用いて形成することによって、セパレータ4の層49を除く表面には、必ず不動態膜が存在することになる。このことによって、作用の項で説明したところにより、生成水がイオン化されることで従来発生していた燃料電池セルの電気化学反応度が低下する等の問題を解消することができる。そして、セパレータ4が金属製化できることによって、従来例の機械的に脆弱な炭素材を用いたセパレータが持つ問題を解消することができ、大面積のセパレータであっても、その厚さ寸法を大きくすることなく製作することができる。

【0070】また、セパレータ4は、波形溝411の端面41a、41bに、この部位に存在する不動態膜を除去した後、金、銀等の貴金属の層49形成されていることによって、作用の項で説明したとおり、この部分の電気接触抵抗値および熱接触抵抗値を、小さい値に保持することが可能となる。このことによって、不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属の薄板材を用いて製作しながらも、長期信頼性の高いスタックを得ることが可能となる。

【0071】また、セパレータ4は、マニホールド領域42、43に保持体421を備えるようにしているので、燃料電池セル5が持つPE膜51の露出面は、その両側から保持体421によって保持される。これによって、作用の項で説明したとおり、両反応ガス間に差圧が生じた異常な運転状態の場合の、PE膜51の破損の発生度を低減することができる。

【0072】また、セパレータ4は、マニホールド領域42、43に保持体422を備えるようにしているので、互いに隣接して配置されるセパレータ4は、波形溝411の端面41bと共に、保持体422の突出端面の部位でも、互いに接合されるので、互いに接合される接

合点の面積が拡大されることになる。これにより、スタック1Bの組み立て時に締付けボルト95により単電池3に与えられる加圧力を、より広い接合点の面積で分担することが可能となり、単電池3に生じる応力を低減することができる。

【0073】また、セパレータ4が備える保持体421、422は、その第1列目の保持体の列に形成されている反応ガスの通路の中心位置が、切欠溝付きの貫通穴311、322、113と対向する部位にある保持体421、422については、保持体421、422の中心位置がこれ等に対応する前記の貫通穴がそれぞれに持つ切欠溝の中心位置とがほぼ合致する関係で形成されている。

【0074】保持体422と切欠溝付きの貫通穴311との場合を例にとると、貫通穴311が持つ切欠溝からマニホールド領域42に流入した燃料ガスは、まず、保持体421に衝突する。これにより、流入した燃料ガスが持つ動圧が減殺される。動圧が減殺されることにより、波形溝411が持つ多数のガス通路用の溝411a中をそれぞれ通流する燃料ガスの流量は、流入した燃料ガスが持つ静圧値によって定まることになるのほぼ均等となる。これによって、燃料電池セル5が備える燃料電極膜7Aには燃料ガスが均等に供給され、その全面においてほぼ均等な発電反応を行なうことが可能となる。以上のことは、酸化剤ガスにおける切欠溝付きの貫通穴311と保持体421、および、冷却用流体99における切欠溝付きの貫通穴113と保持体422についても同様である。

【0075】なお、セパレータ4においては、保持体421、422は、反応ガス、冷却用流体の通路方向に、通路の位置を変えて2列設けられている。これは、前記した動圧を減殺する作用をさらに高めようとするものである。なおまた、セパレータ4においては、マニホールド領域42とマニホールド領域43にそれぞれ保持体421、422を備え、しかも、マニホールド領域42の第2列目の保持体421、422と、マニホールド領域43の第1列目の保持体421、422とは、通路の位置を変えて設けられている。これも、前記した動圧を減殺する作用を一層高めようとするものである。

【0076】さらにまた、セパレータ4は、保持体421、422と共に、切欠溝付きの貫通穴311、322、113のそれぞれが持つ切欠溝部と対向する部位に、保持体444、445、446を備えている。保持体444、445、446は、保持体421、422が持つ作用と同一作用を、それぞれの切欠溝部において發揮するものである。これ等の保持体421、422、および、保持体444、445、446は、セパレータ4と別個に製作しても差し支えないものであるが、セパレータ4に一体に形成することによって、スタック1B全体としての部品点数を低減することが可能となるとの利

点が得られるものである。しかしながら、セパレータ4と一緒に形成することによって不都合が生じる場合等には、別個に製作しても差し支えないことは勿論のことである。

【0077】なお、実施例3において、酸化剤ガスを通流させる流路である、例えば、PE膜51に形成されている貫通穴512は、燃料ガスを通流させる流路である、例えば、貫通穴511と比較して、1個の貫通穴が持つ流路面積も広いし、また、形成されている個数も多い。これは、スタック1Bにおいては、酸化剤ガスとして空気を用いていることが起因している。すなわち、固体高分子電解質型燃料電池において直流電力の発電に必要な成分は、前記したように酸素なのであるが、空気中に含まれる酸素は公知のことく約20[%]だからである。必要な量の酸素を酸化剤電極膜7Bに供給するためには、酸素必要量の約5倍の空気量が必要であるので、このために、貫通穴511等と比較して、貫通穴512等の流路面積を広く、かつ、個数を多くしているのである。

【0078】実施例4；図16は、請求項1、3～11に対応するこの発明の異なる実施例による固体高分子電解質型燃料電池が備える単位燃料電池の要部を模式的に示した側面断面図である。図16において、図3～図10に示したこの発明の一実施例による固体高分子電解質型燃料電池が備える単位燃料電池、および、図28～図32に示した従来例による固体高分子電解質型燃料電池と同一部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。なお、図16中には、図3～図10、図28～図32で付した符号については、代表的な符号のみを記した。

【0079】図16において、3Aは、図3～図10に示したこの発明による単電池3に対して、セパレータ4に替えてセパレータ4Aを用いると共に、スペーサ17、固定ピン18、絶縁シート19を用いるようにした単位燃料電池（単電池）である。セパレータ4Aは、セパレータ4に、セパレータ4の外周を囲む皿状をした保持部49が一体化されて形成されている。保持部49は、全体としてはほぼ矩形状の外形を持つ皿状をなしており、皿としてみた場合の上面側はセパレータ4Aの反応ガスが通流される側面側にあり、この上面側の端面の高さ寸法T_{11c}は、保持体421の持つ高さ寸法T_{13B}とPE膜51の厚さ寸法の半分との和よりもやや低い寸法に設定されている。保持部49のセパレータ4の外周端に接する部位は、セパレータ4Aの冷却用流体が通流される側面側に出っ張った凹部491をなしている。この凹部491は、セパレータ4の外周を囲んで環状をなしている。セパレータ4Aの凹部491を囲む部分は平板状をなしており、この平板状部分には、複数の貫通穴492が形成されている。

【0080】スペーサ17は、電気絶縁材製であり、単電池3Aが備える1対のセパレータ4Aの、凹部491

が形成される部分に介挿される。固定ピン18は、電気絶縁材製であり、セパレータ4Aが持つ貫通穴492に装着される。絶縁シート19は、シート状の電気絶縁材製であり、セパレータ4Aの外形とほぼ同一の外形を備え、凹部491と対向する部位を含む凹部491よりも内側の部分は、広い面積の貫通穴をなしている。絶縁シート19のセパレータ4Aが持つそれぞれの貫通穴492と対向する部位には貫通穴が形成されている。

【0081】単電池3Aは、単電池3の場合と大筋ではほぼ同様に組み立てられて構成されるが、次記する点が単電池3の場合と相異している。すなわち、単電池3Aにおいては、1対のセパレータ4Aの凹部491の間にスペーサ17が、また、1対のセパレータ4Aの平板状部分の間には絶縁シート19が、それぞれ介挿される。そして、セパレータ4Aが持つ貫通穴492に複数の固定ピン18が装着される。

【0082】図16に示す実施例4による単電池3Aは前述の構成としたので、単電池3Aは、スタックとして組み立てられる前に単体の部品として扱うことが可能である。そして、単電池3Aは、スペーサ17を備えることで、スタックとして組み立てられる際に、締付けボルト（例えば、実施例3における締付けボルト95である。）による過度の加圧力等から保護される。この単電池3Aを用いてスタックを組み立てる際には、冷却用流体用のシール体（例えば、実施例3におけるシール体11である。）は、凹部491によってセパレータ4Aの冷却用流体が通流される側面側に形成された出張部に嵌め込まれて装着される。これにより、スタックを組立時の冷却用流体用のシール体の装着作業を容易にしている。しかし、単電池3Aにおいても、この発明の特徴的な構成は、前記の実施例3において述べたところと同一である。

【0083】なお、スペーサ17、固定ピン18を電気絶縁材製としたこと、また、絶縁シート19をセパレータ4A間に介挿するようにしたことは、1対のセパレータ4A間に、燃料電池セル5で発電された直流電圧が印加されることになるので、燃料電池セル5以外のセパレータ4A間を、電気的に絶縁するためである。しかし、1個の燃料電池セル5で発生される電圧は、前述したとおり、1[V]程度以下と低い値であるので、セパレータ4A間の電気絶縁はさして高いレベルを必要としない。従って、スペーサ17は必ずしも電気絶縁材製である必要は無く、例えば、金属材製とし、その表面の全面とか、セパレータ4Aと接する端面とかに、電気絶縁膜を形成したものであってもよい。また、固定ピン18も必ずしも電気絶縁材である必要は無く、金属材製とし、これに何らかの電気絶縁処理を施すようにしたものであってもよい。さらに、絶縁シート19を介挿する必要は必ずしも無く、例えば、セパレータ4Aの平板状部分に、何らかの電気絶縁処理を施すようにしたものであつ

てもよい。ただし、絶縁シート19を介挿しない場合には、保持部49の上面側の端面の高さ寸法T_{11c}は、保持体421の持つ高さ寸法T_{11a}とPE膜51の厚さ寸法の半分との和の値に設定されることになる。

【0084】実施例5；図17は、請求項1、3～11に対応するこの発明の異なる実施例による固体高分子電解質型燃料電池の端部の要部を単位燃料電池と共に模式的に示した側面断面図である。図17において、図3～図15に示したこの発明の一実施例による固体高分子電解質型燃料電池、および、図28～図32に示した従来例による固体高分子電解質型燃料電池と同一部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。なお、図17には、図3～図15、図28～図32で付した符号については、代表的な符号のみを記した。

【0085】図17において、1Dは、図11～図15に示したこの発明によるスタック1Bに対して、電気絶縁板13に替えて電気絶縁板130を用いると共に、シール体16を用いるようにした固体高分子電解質型燃料電池（スタック）である。電気絶縁板130は、電気絶縁板13に対して、電気絶縁板13が備える冷却用流体通流用の貫通穴に替えて、冷却用流体通流用の通流路131を備えることが相異している。冷却用流体通流用の通流路131は、集電板12側に開口する有底穴131aと、電気絶縁板130の側面に開口し、有底穴131aと連通する連通口131bとで構成され、集電板12に形成された冷却用流体通流用の貫通穴と対向する部位に形成されている。

【0086】シール体16は、反応ガス・冷却用流体が、所定の通流路外に漏れ出るのを防止すると共に、反応ガス・冷却用流体の通流路を提供することが主な役目である。シール体16は、弾性材を用いて薄板状に製作され、その外形はセパレータ4の外形とほぼ同一に設定されている。シール体16は、セパレータ4に形成されている貫通穴441、442、443の貫通穴群の少なくとも一方の貫通穴群と対向する部位に、燃料ガス通流用の貫通穴、酸化剤ガス通流用の貫通穴、および、冷却用流体通流用の貫通穴161が形成されている。

【0087】図17に示す実施例5によるスタック1Dは前述の構成としたので、前記した実施例3によるスタック1Bの場合に対して、冷却用流体99が加圧板14、15には通流しないことが相異している。これにより加圧板14、15、特に、まだ温度上昇していない冷却用流体99が通流される加圧板14が、冷却用流体99によって冷却されることで、スタック1Bの単電池3の積層方向の温度分布が、スタック1Bの端部に在る単電池3で低下するという問題に対処できるようになっている。しかし、スタック1Dにおいても、この発明の特徴的な構成は、前記の実施例3において述べたところと同一である。

【0088】実施例6；実施例6は、請求項1、3～1

1に対応するこの発明のさらに異なる実施例による固体高分子電解質型燃料電池である。まず、この固体高分子電解質型燃料電池が備える単位燃料電池について図18～図23を用いて説明する。ここで、図18は、請求項1、3～11に対応するこの発明のさらに異なる実施例による固体高分子電解質型燃料電池が備える単位燃料電池の要部を模式的に示した、前記した図8におけるA-A断面と同等場所の断面図である。図19は、図18に示した単位燃料電池が有する燃料電池セルの斜視図であり、図20は、図18に示した単位燃料電池が有するセバレータの斜視図であり、図21は、図18に示した単位燃料電池が有する燃料ガス用のシール体の斜視図であり、図22は、図18に示した単位燃料電池が有する酸化剤ガス用のシール体の斜視図である。図23は、図18に示した単位燃料電池の前記した図8におけるC-C断面と同等場所の断面図である。

【0089】図18～図23において、図3～図10に示したこの発明の一実施例による固体高分子電解質型燃料電池が備える単位燃料電池、および、図28～図30に示した従来例による固体高分子電解質型燃料電池が備える単位燃料電池と同一部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。図18～図23において、3Eは、図3～図10に示した実施例3によるスタックが備える単電池3に対して、燃料電池セル5、セバレータ4、燃料ガス用のシール体31、酸化剤ガス用のシール体32に替えて、燃料電池セル5E、セバレータ4E、燃料ガス用のシール体31E、酸化剤ガス用のシール体32Eとを備える単電池である。

【0090】燃料電池セル5Eは、実施例3による燃料電池セル5が備えるシート状の固体高分子電解質膜(P-E膜)51に替えて、シート状のP-E膜51Eを用いるようにしている。P-E膜51Eは、P-E膜51に対して、冷却用流体通流用の貫通穴513の形成される位置が異なっている。すなわち、P-E膜51Eに形成される貫通穴513は、セバレータ4Eが備えるそれぞれのマニホールド領域42、43の側辺(燃料ガスおよび酸化剤ガスが通流する方向に対して平行している辺である。)と対向する位置に在る。なお、貫通穴513は、図19中に示したように、P-E膜51Eの寸法W方向の中心線に対して面対象位置に形成されている。

【0091】セバレータ4Eは、実施例3によるセバレータ4に対して、冷却用流体通流用の貫通穴443、保持体446の形成される位置が異なっていると共に、保持体422を備えていない点が相異している(図23を参照)。すなわち、貫通穴443は、P-E膜51Eに形成される貫通穴513と対向する位置に形成されており、保持体446は、セバレータ4Eによる貫通穴443とマニホールド領域42、43の側辺との間の、冷却用流体が通流される側の側面に形成される。また、実施例3によるセバレータ4が備えていた保持体422を、

セバレータ4Eの場合には備えていないので、セバレータ4Eのマニホールド領域42、43には、ガスが通流される側の側面にのみ保持体421が形成されていることになる。

【0092】シール体31E、32Eは、実施例3によるシール体31、32に対して、冷却用流体通流用の貫通穴313、323の形成される位置が異なっており、シール体31E、32Eの場合には、貫通穴313、323は、共に、P-E膜51Eに形成される貫通穴513と対向する位置に形成されている。また、それぞれの貫通穴313、323に備えられている切欠溝は、それぞれの貫通穴領域319、329の、マニホールド領域42、43の側辺と対向する部位との間に形成されている。

【0093】単電池3Eは、燃料電池セル5E、セバレータ4E、燃料ガス用のシール体31E、および、酸化剤ガス用のシール体32Eが前記の構成を備えているので、その組み立て方法、ガス・冷却用流体の通路の形成方法、保持体421、444～446の働きは、単電池3の場合と同様である。図24は、請求項1、3～11に対応するこの発明のさらに異なる実施例による固体高分子電解質型燃料電池の要部を模式的に示したその側面図であり、図25は、図24中に示した冷却用流体用のシール体の斜視図である。図26は、図24に示した固体高分子電解質型燃料電池の互いに隣接する単位燃料電池間の構成を説明する側面断面図であり、図27は、図24に示した固体高分子電解質型燃料電池の図20におけるE-E断面図である。図24～図27において、図3～図10に示した実施例3による単位燃料電池3、および、図28～図32に示した従来例による固体高分子電解質型燃料電池と同一部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。なお、図24～図27には、図3～図10、図18～図23で付した符号については、代表的な符号のみを記した。

【0094】図24～図27において、1Eは、図11～図15に示した実施例3によるスタック1Bに対して、単電池3、シール体11、集電板12、電気絶縁板13、加圧板14、15に替えて、単電池3E、シール体11E、集電板12E、電気絶縁板13E、加圧板14E、15Eを用いるようにした固体高分子電解質型燃料電池(スタック)である。集電板12E、電気絶縁板13E、加圧板14E、15Eは、集電板12、電気絶縁板13、加圧板14、15に対して、冷却用流体通流用の貫通穴のそれぞれが、単電池3Eが備えている、供給側または排出側の冷却用流体通流用の貫通穴のそれぞれと、対向する部位に形成されていることが相異している。

【0095】シール体11Eは、実施例3によるシール体11に対して、冷却用流体通流用の貫通穴113の形成される位置が異なっており、シール体11Eの場合に

は、貫通穴 113 は、PE 膜 51E に形成される貫通穴 513 と対向する位置に形成されている。また、それぞれの貫通穴 113 に備えられている切欠溝は、貫通穴領域 119 の、マニホールド領域 42, 43 の側辺と対向する部位との間に形成されている。

【0096】スタック 1E は、単電池 3E、シール体 1E、集電板 12E、電気絶縁板 13E、加圧板 14E、15E が前記の構成を備えているので、その組み立て方法、スタック 1E 内のガス・冷却用流体の通路路の形成方法は、スタック 1B の場合と同様である（図 26 を参照）。スタック 1E のスタック 1B に対する特徴的な相異点は、すでに記述したことではあるが、冷却用流体 99 の通路路を構成する貫通穴 113, 313, 323, 443, 513 等が、セパレータ 4E が備えるそれぞれのマニホールド領域 42, 43 の側辺と対向する位置に形成されていることである。このために、冷却用流体 99 のそれぞれの単電池 3E への供給部分に着目して説明すると、冷却用流体 99 は、貫通穴 113 に備えられた切欠溝から、冷却用流体通路用の溝 411b が持つ冷却用流体 99 の通路方向とは直交する関係となる方向である、単電池 3E が備えるマニホールド領域 42 の側辺に対してほぼ直角の方向から単電池 3E に流入することになる。このために、流入した冷却用流体 99 が持つ動圧は、溝 411b 中を通流する冷却用流体 99 には作用しないことになるのである。従って、スタック 1Eにおいては、動圧の減殺を主目的とする場合には、マニホールド領域 42, 43 に、実施例 3 によるセパレータ 4 が備えていた保持体 422 を、セパレータ 4E に備える必要が無いのである。

【0097】実施例 6 における今までの説明では、セパレータ 4E は、保持体 422 を備えていないとしてきたが、これに限定されるものではなく、例えば、保持体 422 を、実施例 3 によるセパレータ 4 と同様に、マニホールド領域の冷却用流体 99 が通路する側に設けてもよいものである。この場合の保持体 422 の主要な役目は、互いに隣接する単電池が持つセパレータ間の接合点の増加、および、接合点の間隔を短縮を図り、単電池に生じる応力を低減することである。

【0098】実施例 3～6 における今までの説明では、セパレータ 4, 4A, 4E が備える保持体 421, 422、保持体 444～446 は、前記のセパレータと一緒に形成されているとしてきたが、これに限定されるものではなく、例えば、前記の保持体は、セパレータとは別個に形成され、単電池、スタックの組立て時に、所要の部位に接着される構造であってもよいものである。

【0099】また、実施例 3～6 における今までの説明では、燃料電極膜 7A 側に配置されるセパレータと、酸化剤電極膜 7B 側に配置されるセパレータとは、同一のセパレータであり、従って、波形溝 411 に形成されているガス通路用の溝 411a の最高突出高さ寸法

T_{118} 、すなわち、波形溝 411 の部位のガス通路路の面積は同一であるということである。しかしながら、酸化剤ガスとして空気を用いることで、酸化剤ガス流路面積を燃料ガス流路面積よりも広くすることが好ましい場合（実施例 3 の項で述べた説明を参照）のように、燃料ガス流路面積と酸化剤ガス流路面積とを異なる必要がある場合には、燃料電極膜 7A 側に配置されるセパレータと、酸化剤電極膜 7B 側に配置されるセパレータとは、異なる寸法 T_{118} をそれぞれが備える異なるセパレータを用いるようにしてもよいものである。

【0100】実施例 1, 2 における今までの説明では、単電池 2, 2A が備えるセパレータ 21, 22, 21A, 22A は炭素材製であるとしてきたが、これに限定されるものではなく、例えば、実施例 3～6 の場合と同様に、ステンレス鋼等の不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属を用いてたものであってもよいものである。その場合、セパレータの電気接触部、熱接触部に金などの貴金属層を形成することが、作用の項等で説明したところにより好ましいことである。

【0101】実施例 1～6 における今までの説明では、セパレータを金属製とする場合の金属材料は、燃料電極側および酸化剤電極側の両方のセパレータに対して、不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属を用いるとしてきたが、燃料電池セルで生成される水蒸気は、（式 2）に示したごとく酸化剤電極で生成されるものであるので、酸化剤電極側のセパレータのみを、不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属を用いるようにしてもよいものである。

【0102】さらにまた、実施例 4 で述べた保持部 49 等を備える単電池の構成は、実施例 5, 6 におけるスタックに用いる単電池に対しても、適用が可能であることは勿論のことである。

【0103】

【発明の効果】この発明においては、前記の課題を解決するための手段の項で述べた構成とすることにより、次記する効果を奏する。

①セパレータが備える冷却用流体通路用の溝を、ガス通路用の溝の間に形成されている凸状の隔壁が形成されている部位の一部、または、全部に入り込ませた構成とすることにより、冷却用流体通路用の溝を、中間層、凸状の隔壁が占めていた面積の一部を利用して形成することが可能となり、セパレータの厚さ方向の寸法が薄くなることで、固体高分子電解質型燃料電池（スタック）を小型化することが可能となる。また、
 ②前記①項において、冷却用流体通路用の溝の側壁とガス通路用の溝の側壁との間の厚さ寸法を、全ての冷却用流体通路用の溝およびガス通路用の溝においてほぼ同一寸法とした構成とすることにより、まず、冷却用流体通路用の溝と燃料電池セル間の熱伝達抵抗値が、前記①項の場合よりも低減して、冷却用流体の燃料電池セルに対

する冷却能が向上されるので、スタックを一層小型化することが可能となる。また、燃料電池セルの冷却の面方向に対する均一化度が向上されるので、スタックの性能を向上することが可能となる。また、

③前記①、②項において、セパレータを、ステンレス鋼等の、表面に形成される不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属材料を用いた構成とすることにより、金属材製のセパレータに用いられている金属が、燃料電池セルで生成された液状の生成水中に溶け込む度合いを低減することが可能となる。これにより、生成水がイオン化されることで従来発生していた燃料電池セルの電気化学反応度が低下する等の問題を解消することが可能となる。また、このことによって、セパレータを金属製化する際の制約条件が解消されることになり、電極膜の面積が広い大容量のスタックであっても小型化することが可能となる。また、

④前記③項において、セパレータの、電極膜・隣接するセパレータ・集電板のいずれかと接触し合う部位は、この部位に存在する不動態膜を除去した後に、金等の貴金属層が形成されてなる構成とすることにより、不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属材料で製作されたセパレータであっても、前記の諸部位の電気接触抵抗値・熱接触抵抗値を、貴金属が持つ特有の性質等によって小さい値に保持することが可能となる。このことによって、不動態膜が大気によって容易に生成される性質を備える金属の薄板材を用いてセパレータを製作しながらも、高性能で長期信頼性の高いスタックを得ることが可能となる。また、

⑤前記①～④項において、セパレータが持つマニホールド領域のガスが通流される側の側面に、高さ寸法T_{13B}を持ち、ガスを通流させる複数の流路を有する保持体を、マニホールド領域のガスが通流する方向に対して直角となる方向のほぼ全幅にわたり備える構成とすることにより、PE膜の露出面の内のセパレータが有するそれぞれのマニホールド領域に対向する部位は、保持体を介してセパレータに保持されることになり、固体高分子電解質膜の露出面を支持する支持間隔が短縮される。これにより、両反応ガス間に差圧が生じた異常な運転状態の場合であっても、固体高分子電解質膜に破損の発生する懸念が解消され、信頼性の高いスタックを得ることが可能となる。また、

⑥前記①～④項において、セパレータが持つマニホールド領域の冷却用流体が通流される側の側面に、高さ寸法T_{12B}を持ち、冷却用流体を通流させる複数の流路を有する保持体を、マニホールド領域の冷却用流体方向に対して直角となる方向のほぼ全幅にわたり備える構成とすることにより、互いに隣接して配置されるセパレータの間の接合点の面積が拡大され、これにより、スタックの組み立て時に単位燃料電池（単電池）に与えられる加圧力により生じる応力が低減され、信頼性の高いスタック

を得ることが可能となる。また、

⑦前記⑤、⑥項において、保持体が形成される部位に備えられる流路を、シール体に形成された切欠溝付き貫通穴の切欠溝に関して、この切欠溝が形成されている部位とは合致しない位置に形成する構成とすることにより、単電池に供給されるガス、冷却用流体は必ず保持体の流路ではない部位に衝突してその動圧が減殺される。これにより、ガス通流用の溝・冷却用流体通流用の溝の中を並列に分流するガス、冷却用流体の流速が均一化され、

10 燃料電池セルの冷却の面方向に対する均一化度が向上されるので、スタックの性能を向上することが可能となる。さらにまた、

⑧前記⑤項における保持体をセパレータと一体に形成する構成とすること、および、前記⑤～⑧項において、切欠溝に備えられる保持体をセパレータと一体に形成する構成とすることにより、スタックを構成する部品点数を低減することが可能となり、スタックの製造原価を低減することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

20 【図1】請求項1に対応するこの発明の一実施例による固体高分子電解質型燃料電池の要部の構成を模式的に示した図で、(a)はその側面図、(b)は図1(a)中に示した単位燃料電池が有する一方のセパレータの側面断面図

【図2】請求項1、2に対応するこの発明の一実施例による固体高分子電解質型燃料電池の要部の構成を模式的に示した図で、(a)はその側面図、(b)は図2(a)中に示した単位燃料電池が有する一方のセパレータの側面断面図

30 【図3】請求項1、3～11に対応するこの発明の一実施例による固体高分子電解質型燃料電池が備える単位燃料電池の要部を模式的に示した後記する図8におけるA-A断面図である

【図4】図3に示した単位燃料電池の部分断面図で、(a)は後記する図8におけるB-B断面図、(b)は図4(a)中に示したセパレータの断面図

【図5】図3に示した単位燃料電池の後記する図8におけるC-C断面図

【図6】図3に示した単位燃料電池の後記する図8におけるD-D断面図

【図7】図3に示した単位燃料電池が有する燃料電池セルの斜視図

【図8】図3に示した単位燃料電池が有するセパレータの斜視図

【図9】図3に示した単位燃料電池が有する燃料ガス用のシール体の斜視図

【図10】図3に示した単位燃料電池が有する酸化剤ガス用のシール体の斜視図

【図11】請求項1、3～11に対応するこの発明の一実施例による固体高分子電解質型燃料電池の要部を模式

43

的に示した図面で、(a)はその側面図、(b)は図1
1(a)のS部における詳細な横方向の部分断面図

【図12】図11中に示した冷却用流体用のシール体の
斜視図

【図13】図11に示した固体高分子電解質型燃料電池
の互いに隣接する単位燃料電池間の構成を説明する側面
断面図

【図14】図11に示した固体高分子電解質型燃料電池
の互いに隣接する単位燃料電池間の構成を説明する部分
断面図

【図15】図11におけるR部の詳細図

【図16】請求項1、3~11に対応するこの発明の異
なる実施例による固体高分子電解質型燃料電池が備える
単位燃料電池の要部を模式的に示した側面断面図

【図17】請求項1、3~11に対応するこの発明の異
なる実施例による固体高分子電解質型燃料電池の端部の
要部を単位燃料電池と共に模式的に示した側面断面図

【図18】請求項1、3~11に対応するこの発明のさ
らに異なる実施例による固体高分子電解質型燃料電池が
備える単位燃料電池の要部を模式的に示した、前記した
図8におけるA-A断面と同等場所の断面図

【図19】図18に示した単位燃料電池が有する燃料電
池セルの斜視図

【図20】図18に示した単位燃料電池が有するセパレ
ータの斜視図

【図21】図18に示した単位燃料電池が有する燃料ガ
ス用のシール体の斜視図

【図22】図18に示した単位燃料電池が有する酸化剤
ガス用のシール体の斜視図

【図23】図18に示した単位燃料電池の前記した図8
におけるC-C断面と同等場所の断面図

【図24】請求項1、3~11に対応するこの発明のさ
らに異なる実施例による固体高分子電解質型燃料電池の
要部を模式的に示したその側面図

44

【図25】図24中に示した冷却用流体用のシール体の
斜視図

【図26】図24に示した固体高分子電解質型燃料電池
の互いに隣接する単位燃料電池間の構成を説明する側面
断面図

【図27】図24に示した固体高分子電解質型燃料電池
の図20におけるE-E断面図

【図28】従来例の固体高分子電解質型燃料電池が備え
る単位燃料電池を展開した状態で模式的に示した要部の
側面断面図

【図29】図28に示した単位燃料電池を展開した状態
で模式的に示した斜視図

【図30】単位燃料電池が有するセパレータを図28に
おけるP矢方向から見た図

【図31】従来例の固体高分子電解質型燃料電池を模式
的に示した要部の構成図で、(a)はその側面図、
(b)はその上面図

【図32】図31中に示した固体高分子電解質型燃料電池
に与える冷却用流体の通流路を説明する説明図

【符号の説明】

1B 固体高分子電解質型燃料電池

11 シール体

12 集電板

13 電気絶縁板

14 加圧板

15 加圧板

3 単位燃料電池

31 シール体

32 シール体

4 セパレータ

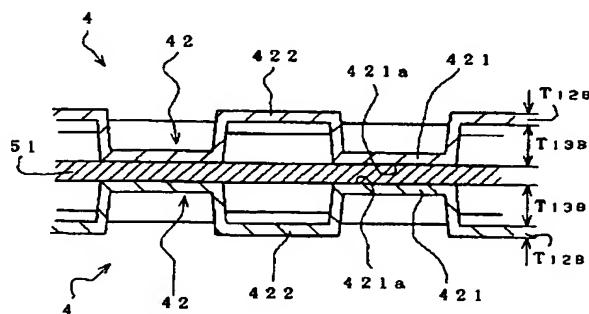
41 中央部領域

411 波形溝

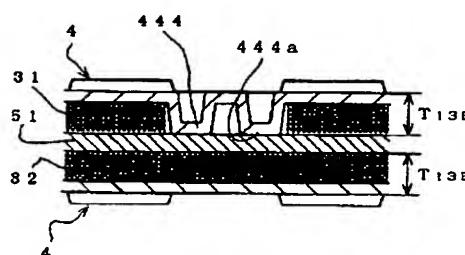
5 燃料電池セル

51 固体高分子電解質膜

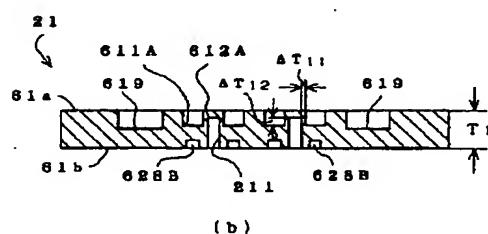
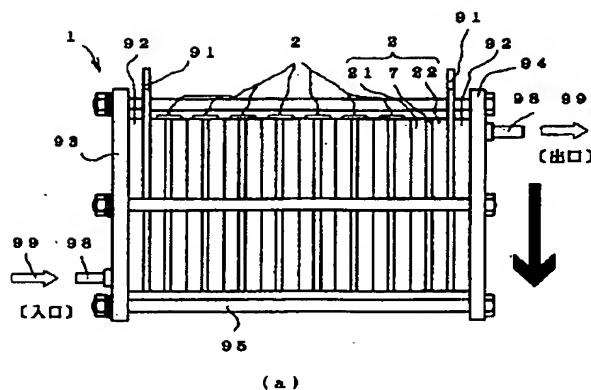
【図5】



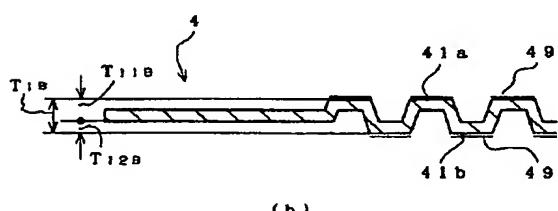
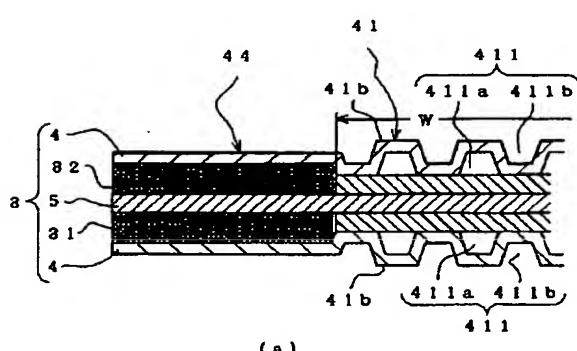
【図6】



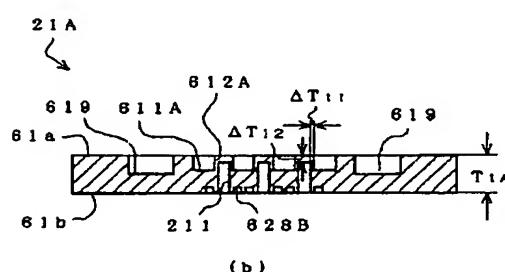
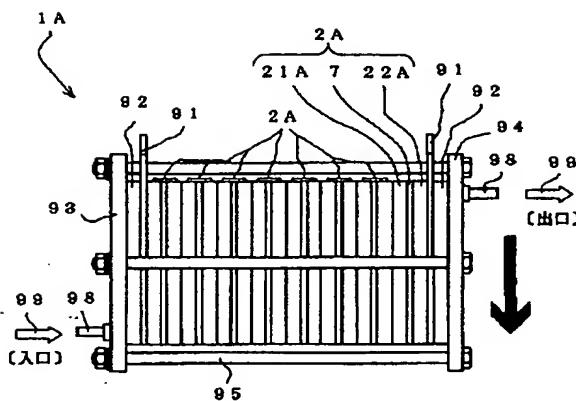
【図1】



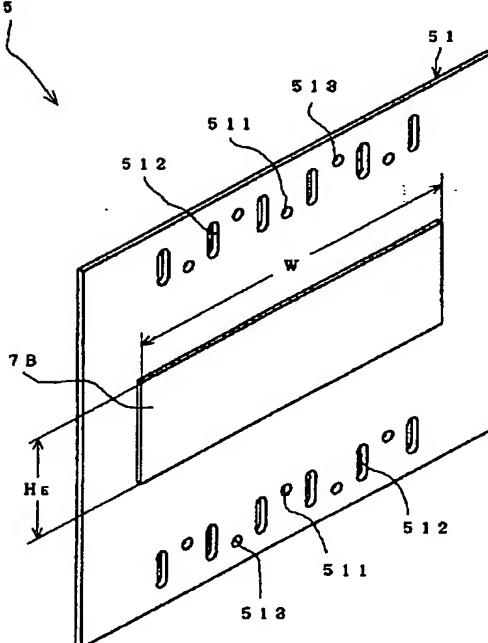
【図4】



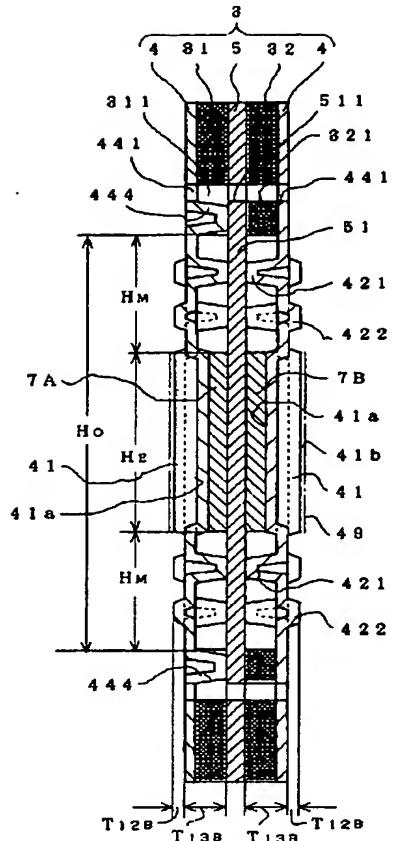
【図2】



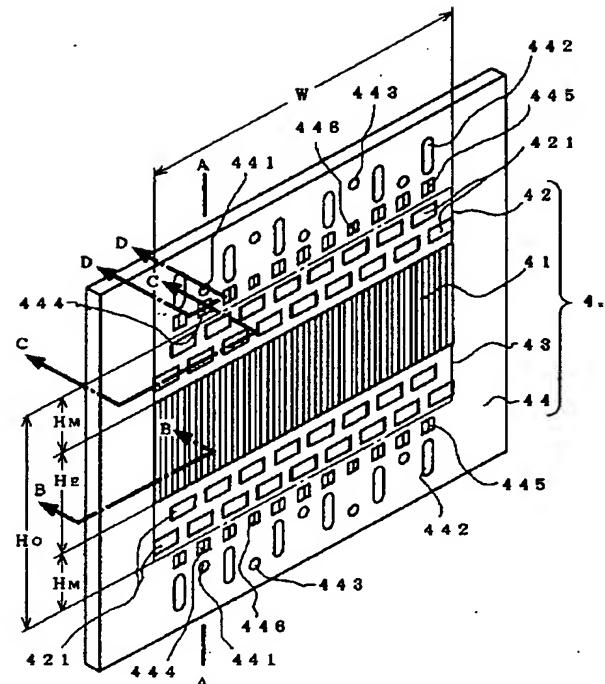
【図7】



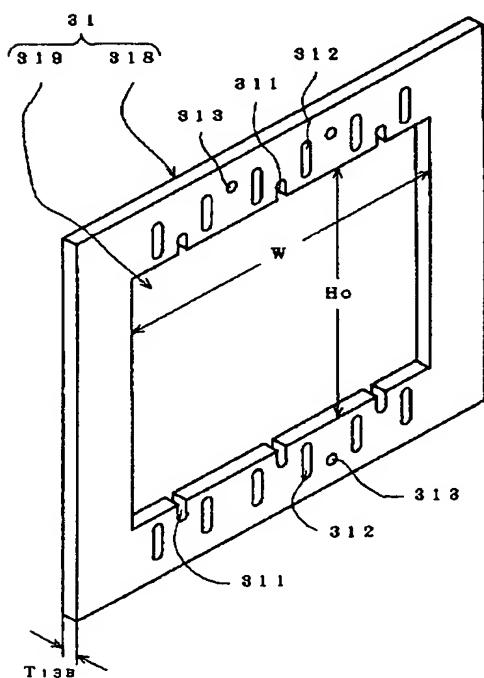
[图 3]



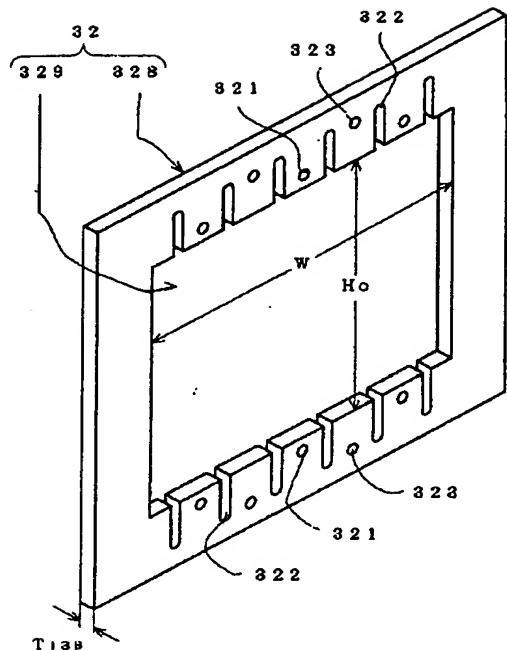
[图 8]



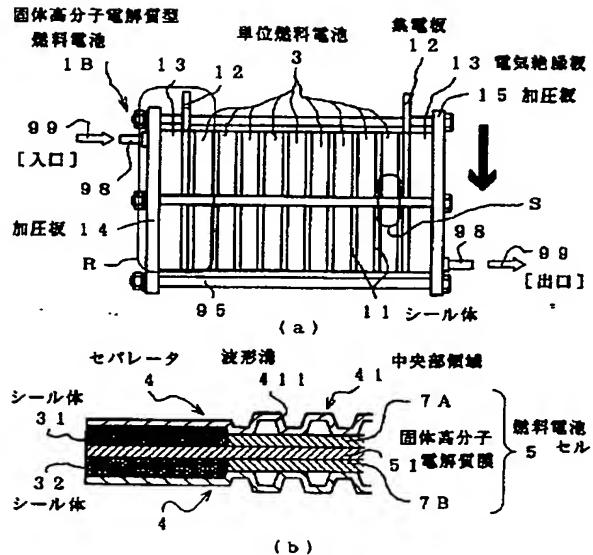
[图9]



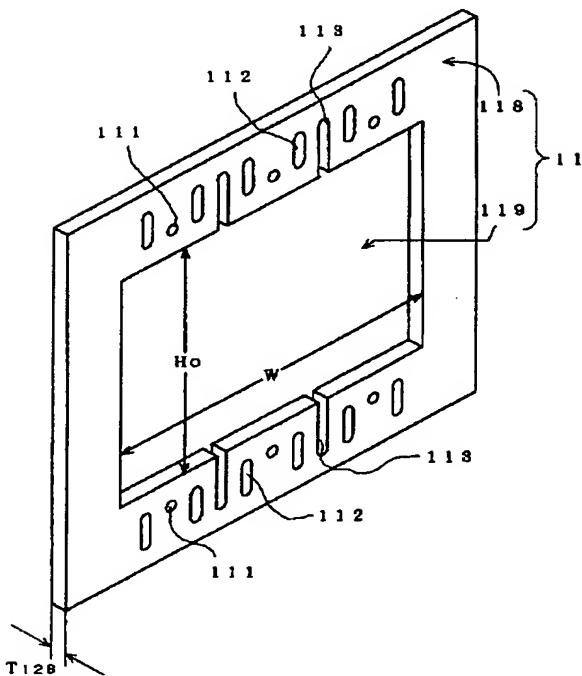
【図10】



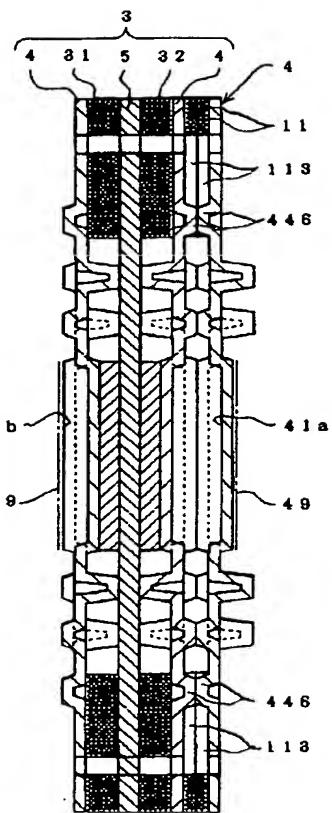
[図11]



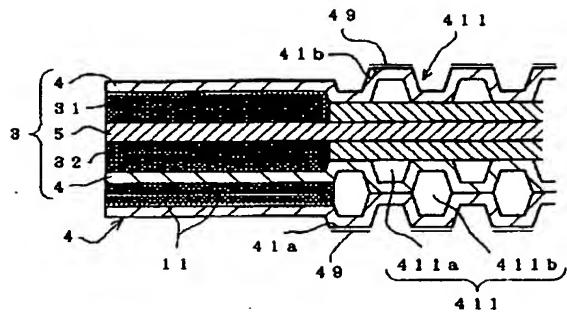
【图12】



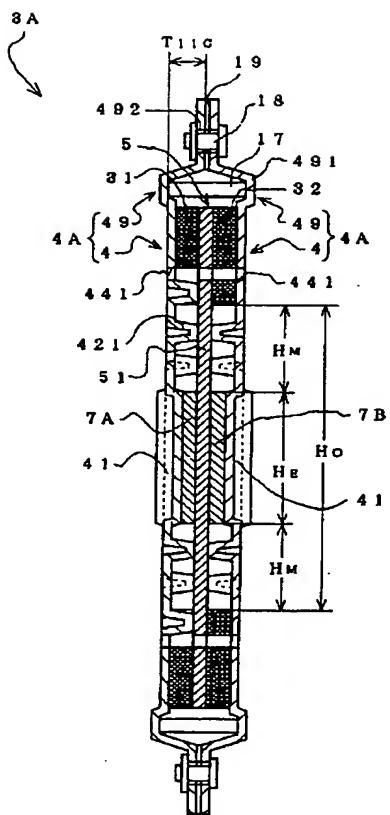
[图 13]



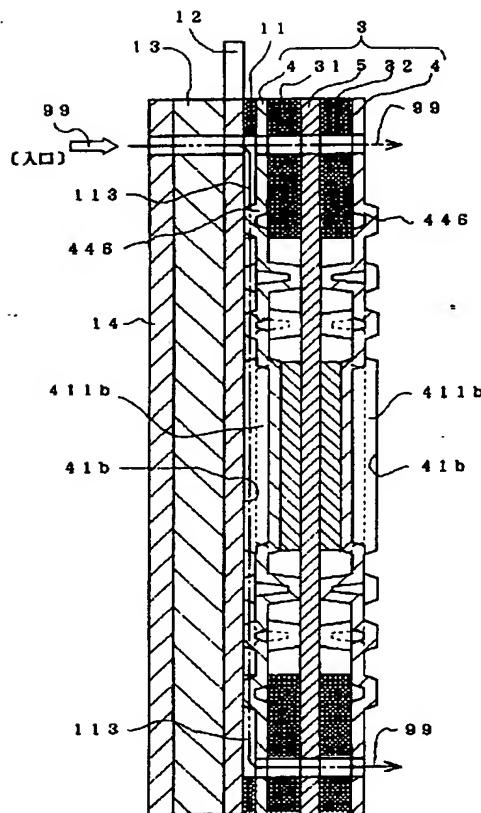
[图 1-4]



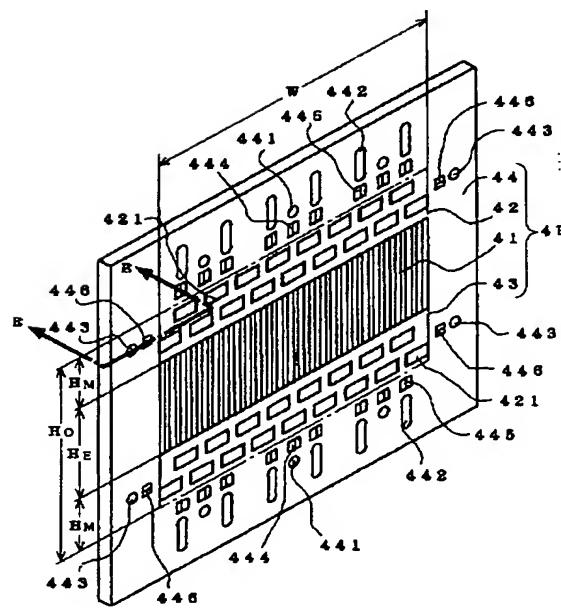
【图16】



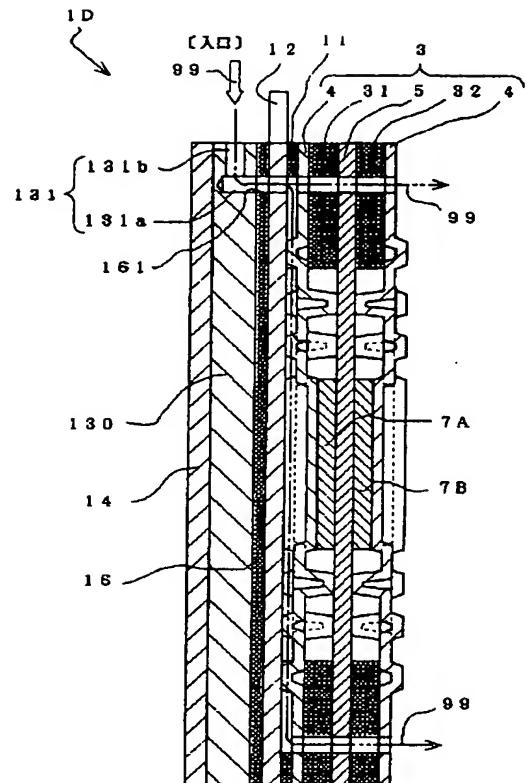
【図15】



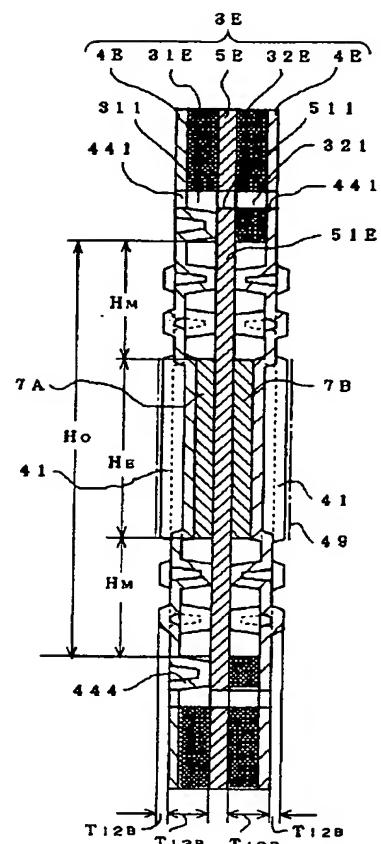
[図20]



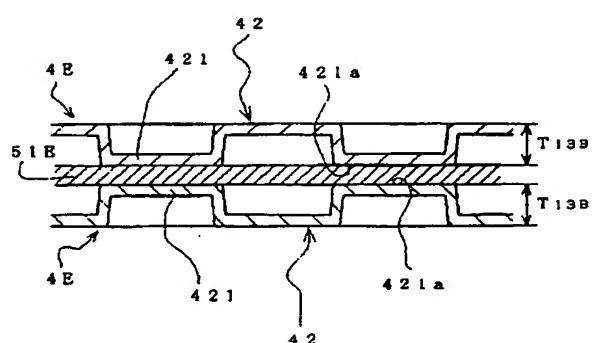
【図17】



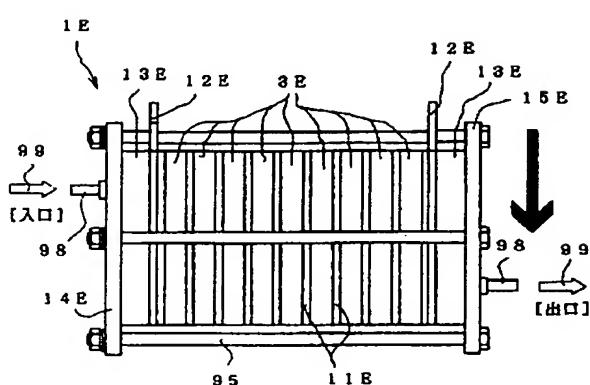
【図18】



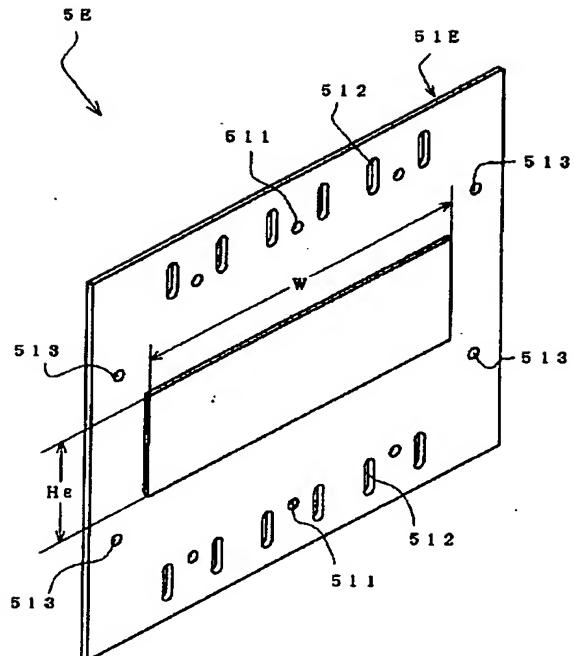
【図23】



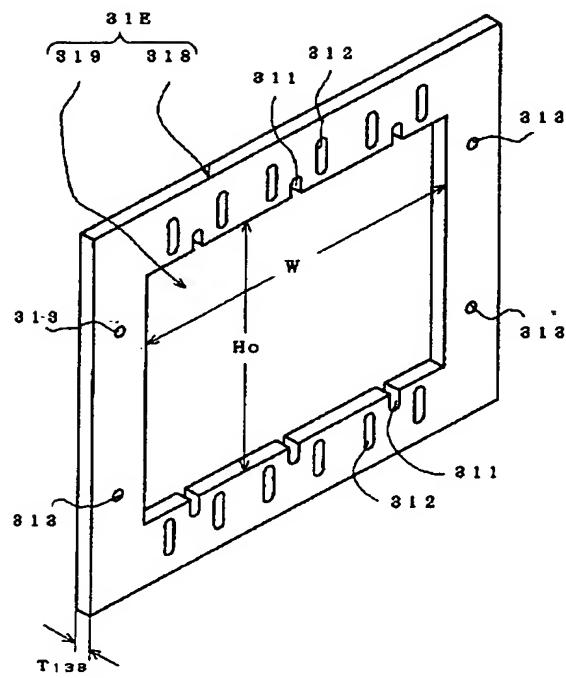
【図24】



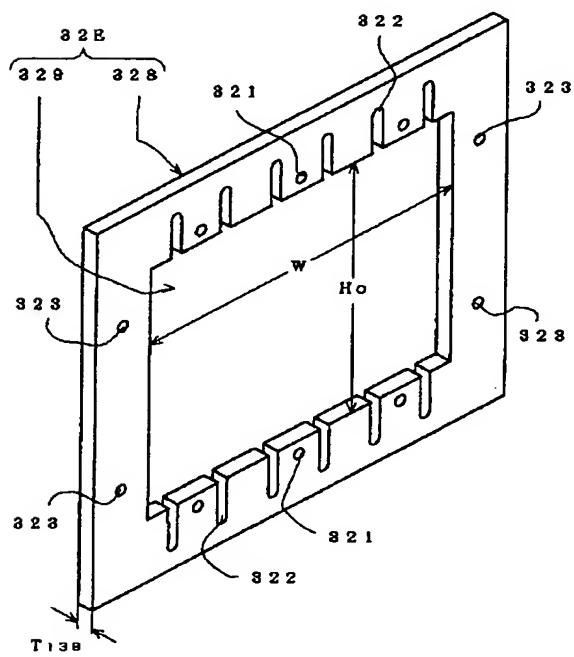
【図19】



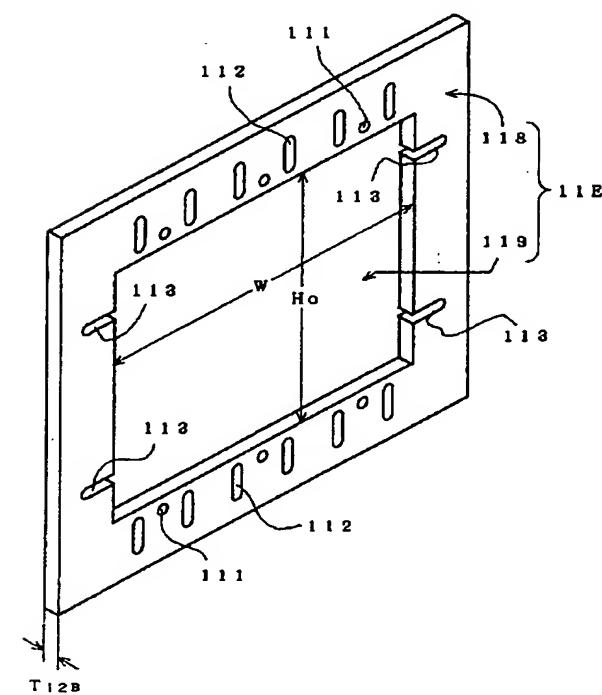
【図21】



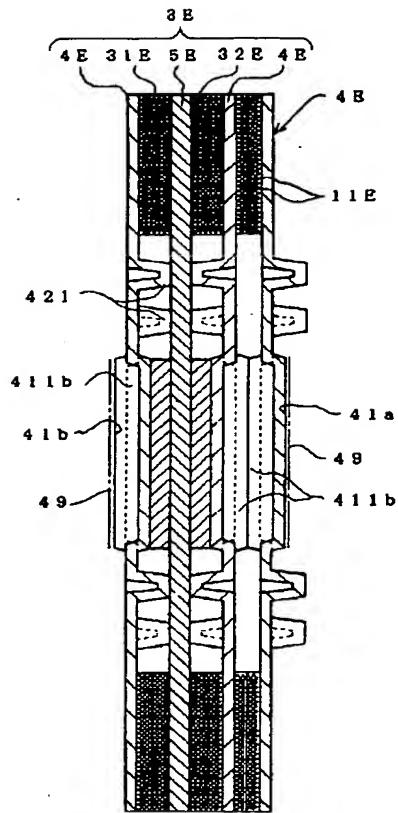
【図22】



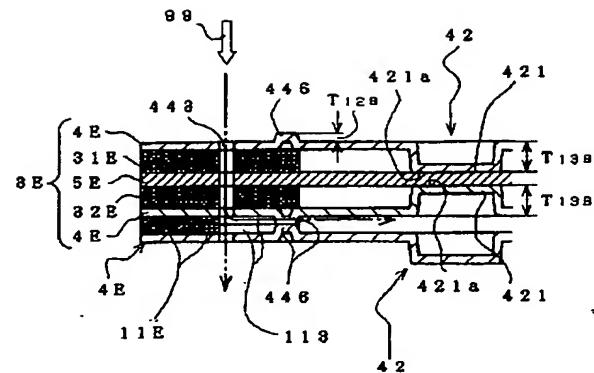
【図25】



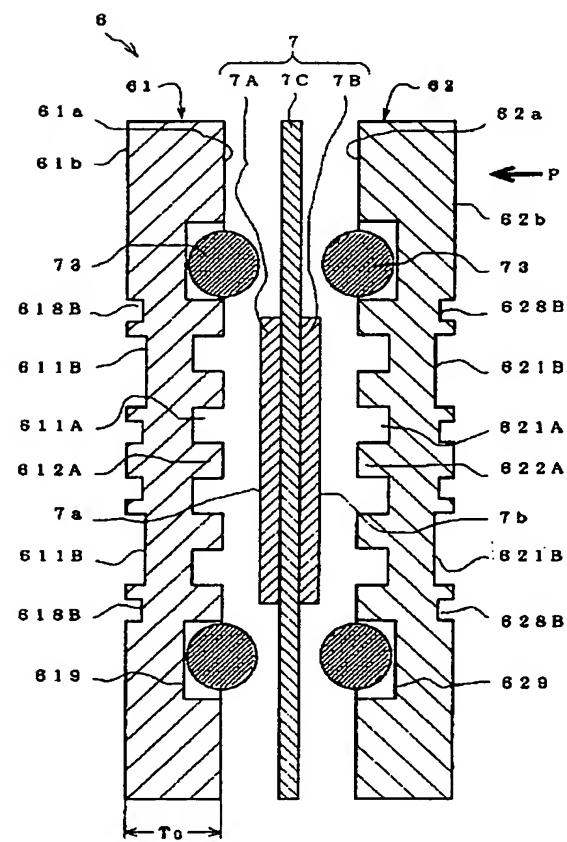
【図26】



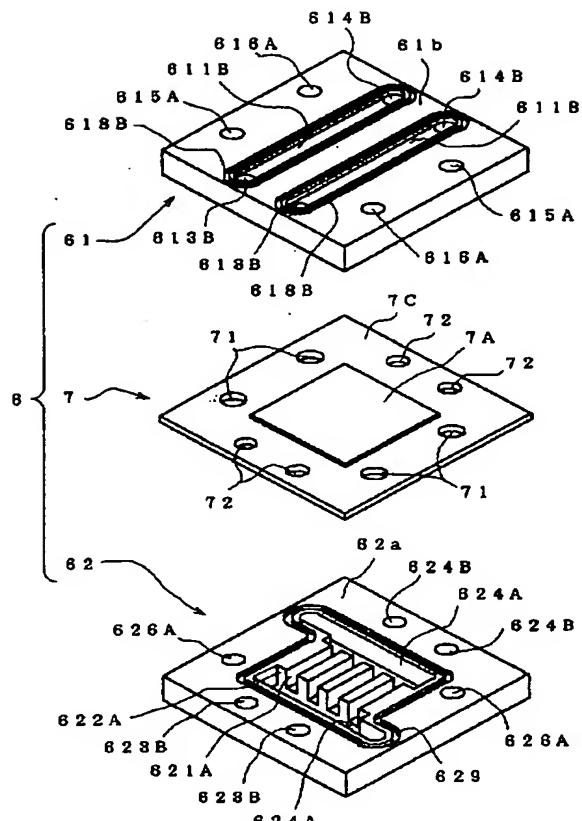
【図27】



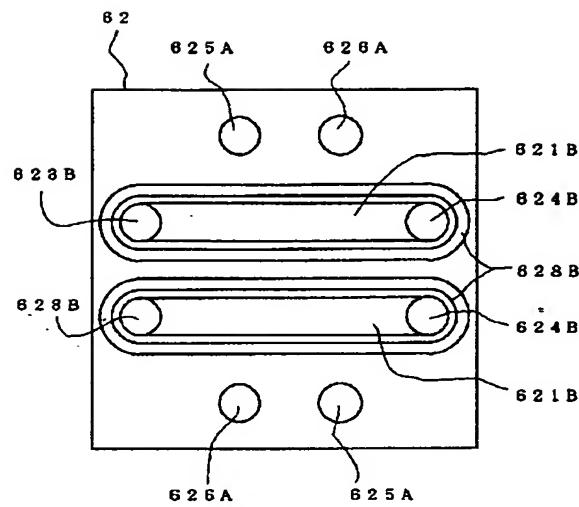
【図28】



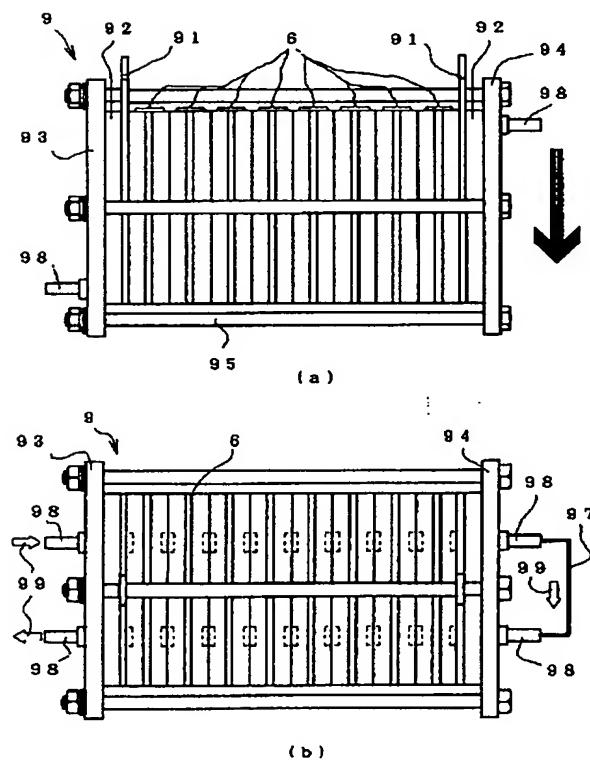
【図29】



【図30】



【図31】



【図32】

